'भारतीयसर्वकारस्य शिक्षामन्त्रालयादु
पलब्धेनार्थिकसाहाय्येन प्रकाशितम्'

माध्यमिकं भौतिकविज्ञानम्



चतुर्धरोपाह्वः श्रीनारायणसिंहः
एम. ए. (संस्कृत-हिन्दी) बी. एड.

श्रीराष्ट्रभाषा संस्थानम्
रामनगरः, वाराणसी

संस्कृत विश्वविद्यालय कुलपतिः

पं॰ श्री रामकरण शर्म महोदयानां करकमलयोः

सादरं समर्पयामि ।

डॉ॰ श्री श्रीनारायण

"भारतीयसर्वकारस्य शिक्षामन्त्रालयदुपलब्धेनार्थिकसाहाय्येन"

माध्यमिकं भौतिकविज्ञानम्



चतुर्धरोपाह्वः श्रीनारायणसिंहः

एम. ए. (संस्कृत-हिन्दी) बी.एड,

श्री राष्ट्रभाषा संस्थानम्

रामनगरः, वाराणसी

● माध्यमिकं भौतिकं विज्ञानम्

● लेखकः प्रकाशकश्च

चतुर्वरोपाह्वः श्रीनारायणसिंहः

● निदेशकः

श्री राष्ट्रभाषा संस्थानम् , रामनगरः , वाराणसी.

● प्रथमं संस्करणम् : १००० प्रतयः

१५ दिसंबर १९७३

● मूल्यम् — १२·५०

● मुद्रकः

जगदीशचन्द्र मिश्राः

साहित्यकारप्रेसः

भदैनी, वाराणसी

:: प्राक्कथनम् ::

या कुन्देन्दुतुषारहारधवला या शुभ्रवस्त्रावृता ।
या वीणावरदण्डमण्डितकरा या श्वेतपद्मासना ॥
या ब्रह्माच्युतशङ्करप्रभृतिभिर्देवैः सदा वन्दिता ।
सा मां पातु सरस्वती भगवती निश्शेषजाड्यापहा ॥

सुरभारत्या अपूर्वः ज्ञानकोषोऽद्यावधि साम्प्रतिकैः विविधविषयकैः ग्रन्थैः शून्यप्राय एव । देवभाषानुरागिभिर्महानुभावैः र्यहिकर्हिचिद् अभिप्रायोऽयं प्राकाश्यं नेनीयते यत् गीर्वाणवाण्याः तादृशम् अकिञ्चनत्वं निराकरणीयमिति । किन्तु अद्य यावत् तादृशस्य प्रयत्नस्य आरम्भणमनवलोक्यैव स्वकीयमसामर्थ्यं विजानतापि विद्वद्वशम्वदेन मया अर्वाचीनविज्ञानविषयकाणां ग्रन्थाणां प्रणयने उद्योग आरब्धः । फलतः भौतिकीरसायनजीवविज्ञानविषयकं माध्यमिकवर्गोपयुक्तं देवभाषीयं ग्रन्थत्रयं लिपिवद्धं कृतम् । तत्रेदानीं प्रथमं "माध्यमिकं भौतिकविज्ञानम्" इति नामकं पुस्तकं भारतीयकेन्द्रियसर्वकारस्य शिक्षामन्त्रालयादुपलब्धेन वित्तसाहाय्यबलेन प्रकाश्यते ।

अर्वाचीनविज्ञानस्य क्षेत्रं बहुविधमतिविस्तृतञ्च । प्रकृतं भौतिकविज्ञानमपि अहरहः उपचीयमानं दृश्यते । विभिन्नासु देशीयभाषासु प्रायेण तद्विषयका अभिनवाः ग्रन्थाः विरच्यन्ते प्रकाश्यन्ते च । अत एकेन, द्वाभ्यां त्रिभिर्वा विज्ञानविषयकैः ग्रन्थैः सुरभारतीयज्ञानकोषः नैव सम्पूर्यते । ग्रन्थस्यास्य प्रणयनेन केवलं प्रारम्भिक एव प्रयासः कृतः । अत्र दोषबाहुल्यं सम्भवत्येव । किन्तु, बाल्यचापल्यवद् मम एष प्रयत्नः गुणमात्रैकपक्षपातिनां विद्वदग्रेसराणाम् आह्लादजनको भविष्यतीति मे विश्वासः । तत्रभवताम् आशिषः प्राप्य भूयोऽपि एतादृशे सारस्वतानुष्ठाने उत्साहो भविष्यतीति ।

ग्रन्थविरचने प्रकाशने च यैः महानुभावैः प्रोत्साहितः तान् सर्वान् प्रति स्वकीयमाधमर्ण्यमहं स्वीकरोमि । तत्र रामचन्द्रपाण्डेयः, विद्यावारिधिः ज्योतिषाचार्यः, विशेषेणोल्लेख्यः । श्रीमतां रामकरणशर्मणाम्, भारतीयसर्वकारस्य शिक्षामन्त्रालयीयशिक्षापरामर्शदातॄणाम् (संस्कृत) अनुग्रहेणैव ग्रन्थोऽयं प्राकाश्यं नीतः अतस्तेषां कृते भूयोभूयः कृतज्ञताप्रकाशनं क्रियते । अपिच, भारतीयसर्वकारस्य शिक्षासमाजकल्याणमन्त्रालये (शिक्षाविभागे) सहायकशिक्षाधिकारिपदलमङ्कुर्वाणानां श्रीमतां विश्वमोहनमहाभागानां कृतेऽपि स्वकीयाभारप्रदर्शनं ममेतिकर्तव्यतेति निश्चिनोमि । अन्ते च मुद्रणकार्ये सर्वविधसाहाय्यं

कृतवतां साहित्यकारसहयोगीमुद्रणालयाधिकारिणां श्रीजगदीशचन्द्रमिश्राणां कृतेऽपि अनन्तान् धन्यवादान् समर्पयामि ।

अत्र सीसकाक्षरयोजनवैकल्येन काश्चनाशुद्धयः मुद्रणे सञ्जाताः, मामकाद् दृष्टिदोषाद्वापि या अशुद्धयः विपश्चिद्धौरेयाणां दृष्टिगोचराः भवेयुः ताः सकलीकृत्य बोधयन्तु मां येन सम्भाव्यमानागामिके संस्करणे तासां संशोधनं संभवेत् इति । ममानेन सारस्वतकर्मणा विद्यादेवताः प्रीयन्ताम्

विद्वच्चरणचञ्चरीकः
चतुर्धरोपाह्वः श्रीनारायण सिंहः

आचार्यपादानां श्रीमतां पण्डितराजराजेश्वरशास्त्रि द्रविड़ानां शुभाशंसनम् ।

॥ श्री गुरुः शरणम् ॥

श्रीमता चतुर्वरोपाह्व श्रीनारायणसिंह एम० ए० (संस्कृत-हिन्दी) बी० एड० महोदयेन "माध्यमिकं भौतिकविज्ञानम्" नाम पुस्तकं विरचितम् । अस्य पुस्तकस्यायमेव विशेषः यत् तत्र प्रतिपादिततत्तद्विज्ञानस्य न्यायशास्त्रादिप्राचीनशास्त्रोक्तत्वप्रदर्शनेन भारतीयदर्शनानां गौरववर्धनम् नाम । गतमाघकृष्ण अष्टमी संवत् २० ३० भौमवासरे काश्यां जातायां विद्वत्परिषदि पुस्तकस्येदं कार्यं तदीयाकांक्षाश्च मया समुपस्थापिताः । सभया निर्णीतं इदं कार्यं निर्वोढुं गीर्वाणवाग्वर्धिनी सभा प्रार्थनीयेति । अत ईदृशं कार्यं भारतीयानां गौरवावहम् अभिनन्दनार्हम् इति सहर्षं मयापि निवेद्यते ।

. ग्रन्थकारस्य सर्वविधं श्रेयः परमेश्वरः प्रार्थ्यते च । सामान्येन मदायाभिप्रायः अत्रोक्तः विशेषस्तु पुस्तकस्य सम्यगालोचनानन्तरं गीर्वाणवाग्वर्धिनीसभासाहाय्ये सति प्रकटीकरिष्यते इति निवेदयति ।

श्री राजेश्वरशास्त्री द्राविडः

मि० माघकृष्ण दशमी गुरुवार सं० २०३०

उद्गारः

अद्य बहुप्रचलिताः सुविकसिता रहस्यमया आधुनिकवैज्ञानिकैराविष्कृताः विविधा रचनात्मकाः प्रध्वंसकाश्च गवेषणाः प्राचीनसमये भारते विद्यमानाऽऽसन्नवेति जिज्ञासायां सुरभारत्यां यत्रतत्रोल्लिखितं दर्शन-ज्योतिषायुर्वेदशिल्पकलाकृतीनां विवरणं समाधानरूपेणोदाहर्तुं शक्यते । अनेकत्र उत्खननेनोपलब्धानां प्रस्तरखण्डानां, शिलालेखानां, भ्रष्टपात्राणाञ्चावलोकनेनेदमनुमीयते यत्तदानीन्तने काले काचिद्रासायनिकी क्रिया प्रचलिता आसीत् यस्याः सम्मिश्रणप्रलेपेन स्निग्धाः कान्तियुक्ताश्च भग्नावशेषाः अद्यावधि कलायाः पराकाष्ठां द्योतयितुं समर्थाः । उदाहरणार्थं सारनाथाख्ये स्थाने स्थितः अशोकस्तम्भः सम्प्रति बहुधा खण्डितोऽपि श्लक्ष्णः कान्तिसम्पन्नश्च अद्यावधि नवनिर्मित इव प्रतीयमानः दर्शकानामाकर्षणहेतुः कौतुकावहश्चास्ति । अपरश्च देहलीनगरे कुतुबमीनाराख्यस्तम्भाद् अनतिदूर एव विष्णुध्वजाख्य एको लौहमयस्तम्भः विराजते । चिरादेव वर्षातपादीनां ऋतुजनितान् आघातान् सहमानोऽप्ययं स्तम्भः सद्यस्क इवाभाति । सुरक्षितोऽपि लौह

वातवर्षादिभिरचिरादेव विकृतिं प्राप्नोति । परमद्यावधि अविकृतः देहलीस्थः लौहमयः विष्णुध्वजः वैज्ञानिकानामपि चेतांसि चमत्करोति । निश्चीयते यत् स्तम्भे प्रयुक्तः कश्चिद-दद्भुतः रासायनिकप्रयोग एव तस्य अविकारकारणमिति । वैज्ञानिकैरद्यापि तद्रहस्यम-विज्ञातप्रायमेव ।

तद्वदेव प्राचीनाचार्याणां मृद्विज्ञानस्यापि सरणिरद्भुता एव । पद्धत्यानया मृत्ति-कायाः वर्णरसादीनेव साक्षात्कृत्य भूगर्भस्थितस्य जलस्य माधुर्यादिगुणवत्त्वं दूरत्वञ्च विज्ञा-यते । यथाचोक्तं बृहत्संहितायां वराहमिहिरेण ।

सशर्करा ताम्रमही कषायं क्षारं धरित्री कपिला करोति ।
अपाण्डुरायां लवणं प्रविष्टं मिष्टं पयो नीलवसुन्धरायाम् ॥
(२-५३-१०४)

तथैव च आवासयोग्यभूमिनिरूपणमित्थं कृतम् :—

सितरक्तपीतकृष्णा विप्रादीनां प्रशस्यते भूमिः ।
गन्धश्च भवति तस्यां घृतरुधिराद्यमद्यसमः ॥
(२-५२-६४)

ईदृशं विवेचनं भवनकूपवाप्यारामादि प्रसङ्गेऽन्यत्रापि दरीदृश्यते । परन्तु संहितायां न केवलं मृत्तिकायाः विश्लेषणमपितु पाषाणानां रत्नानां चापि सामान्यं भौतिकं विश्लेषणं यत्रतत्र प्राप्यते । यथात्र वज्रस्य लक्षणं प्रस्तूयते—

सर्वद्रव्याभेद्यं लघ्वम्भसि तरति रश्मिवत् स्निग्धम् ।
तडिदनलशक्रचापोपमं च वज्रं हितायोक्तम् ॥
(बृं० सं० २-७६-१४)

दुर्गसेतुदृढप्राकाराणां निर्माणप्रसङ्गे वज्रलेपस्य विधानमपि दृश्यते । (द्र०बृ०सं० २५६) एवंभूतानि सर्वाणि प्रमाणानि इदन्निर्दिशन्ति यत् पुरापि भौतिकरासायनिक-विषययोः विश्लेषणस्य प्रथा आसीत् । परमद्य तस्याः प्रथा-परम्पराया सर्वथा अभावो दृश्यते । प्राचीनानां विदुषां एतद्विषयकमनुसन्धानं कस्मिंश्चिदपि ग्रन्थे एकत्र नोपलभ्यते । अत इदं सप्रमाणं वक्तुं शक्यते यत् सम्प्रति प्राप्तेषु प्राचीनशास्त्रेषु कुत्रचिदपि एतादृशाः विषयाः न दृश्यन्ते ये आधुनिकानां भौतिकादिविज्ञानानां समक्षे तुलनामर्हन्ति । अतः सारस्वतो-पासकानामिदं कर्त्तव्यमस्ति यत्ते प्राचीनसंस्कृतसाहित्येषु नवीनोपलब्धीनां समावेशं कुर्युः । अस्यां दिशि श्रीमतां चतुर्धरोपाह्वश्रीनारायणसिंहमहाभागानां कार्यं भृशं प्रशंसार्हम् । एभिर्महानुभावैः स्वकीयायासेनाधुनिक-विज्ञानानां गम्भीरमध्ययनं कृतम् तथा च तेषाम-भावं संस्कृतसाहित्येऽनुभूय एतेषां संस्कृतभाषायां निबन्धनम् कृतम् । प्रस्तुतोऽयं ग्रन्थः एभिर्निबद्धायाः ग्रन्थमालायाः प्रथमम् पुष्पम् । अतः परम् आधुनिकरसायनविज्ञानस्य जीव-विज्ञानस्य ग्रन्थौ प्रकाशिष्येते ।

ईदृशाः लघुग्रन्थाः वस्तुतः संस्कृतभाषायाः प्रसारे च सफलाः भवितुमर्हन्ति ।

एतादृशानां ग्रन्थानां साहय्येन ये विषया: आधुनिकशिक्षाया: आकर्षणकेन्द्रास्सन्ति तेषाम-प्यध्ययनाध्यापनं संस्कृतभाषाया: माध्यमेन अपेक्ष्यते । आशासे यद् राजकीयशिक्षापरिषद: सहर्षं सोत्साहमेतादृशानां लघुग्रन्थानां समादरं करिष्यन्ति पाठ्यग्रन्थरूपेण च स्वीकरिष्यन्तीति ।

डॉ० रामचन्द्रपाण्डेय:
विद्यावारिधि: (ज्योतिषाचार्य:)
श्रीरणवीरकेन्द्रियसंस्कृतविद्यापीठ:, जम्मू

आपका 'माध्यमिकं भौतिकविज्ञानम्' शीर्षक ग्रन्थ देखकर अत्यन्त प्रसन्नता हुई । संस्कृत की पढ़ाई जिस तरह संस्कृत के मनीषी विद्वानों ने अपनी त्याग-तपस्या से अब तक चलाई है उस दिशा में आधुनिक परिवेश की बदली हुई परिस्थिति में आपने इस आदि विद्या की उखड़ती हुई पंखुरियों को स्थिरता देने का सराहनीय कार्य किया है ।

भूगोल सम्बन्धी शब्दावली तथा भौगोलिक मान्यताओं को समेटने में आपकी शैली को प्रशंसा करने से मैं अपने को रोक नहीं सका । अत: आपको अपने दो शब्द भेजकर आशान्वित हूँ कि आप देश को कुछ इसी प्रकार देते रहने की शक्ति से सम्पन्न रहेंगे ।

आपका शुभेच्छु—

डा० श्या नारायण पाण्डेय
अध्यक्ष, भूगोल विभाग
के. बी. स्नातकोत्तर महाविद्यालय
मिर्जापुर (उत्तर प्रदेश)
सदस्य, अन्तर्राष्ट्रीय भूगोल कांग्रेस

बड़े हर्ष एवं सौभाग्य का कार्य पाकर मुझे गौरव का अनुभव हो रहा है कि श्री चौधरी श्रीनारायण सिंह जी ने संस्कृत में हाई स्कूल स्तर की विज्ञान की पुस्तक लिख-कर ऐतिहासिक योगदान किया है । इसे आने वाली भारत की सन्तति सदैव स्मरण रखेगी ।

विद्वान लेखक ने संस्कृत अध्ययन करने वाले विद्यार्थियों के लिये विज्ञान अध्ययन हेतु सुगम रूप से सामग्री प्रस्तुत कर दी है, जो निश्चित ही उनके उत्थान में सहायक सिद्ध होगी ।

विज्ञान पढ़ने वाले शिक्षार्थी, जो संस्कृत का थोड़ा सा भी ज्ञान रखते हैं, उनके लिये यह पुस्तक अत्यंत रोचक होगी तथा अपने पूर्व पुरातन विद्वान मनीषियों के विचारों की गहनता का भी आभास मिलेगा जिसे श्री चौधरी जी ने बड़ी कुशलता पूर्वक विषय-सामग्री के संदर्भ के साथ-साथ प्रतिपादित किया है ।

संस्कृत साहित्य सागर में हाई स्कूल स्तर की विज्ञान की यह प्रथम पुस्तक नवीन सरोज के रूप में उदित हो रही है इस कार्य की सफलता के लिये श्री चौधरी जी निश्चित ही बधाई के पात्र हैं।

शुभकामनाओं के साथ

डा० लक्ष्मीशंकर शुक्ल
एम० एससी० (टेक०), पीएच० डी० (केमि० इञ्जी०)
प्राध्यापक इन्स्टीट्यूट आफ टेकनोलाजी
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय

विद्वत्प्रवरैः श्रीनारायणचतुर्धुरीणमहाभागैर्विरचितं "माध्यमिकं भौतिकं विज्ञानम्" प्रकाशमायातीति कस्य वा सुरभाषाप्रणयिनो मोदावहं न स्यात्। श्रीमन्तश्चतुर्धुरीणमहोदयाः भौतिकविज्ञानस्य प्रारंभिकान् ग्रन्थान् देववाण्यां रचयितुं बद्धपरिकरा नितान्तमुपकुर्वन्ति संस्कृतमाध्यमेन विज्ञानमध्येतुकामान् विद्यार्थिनः साकल्येन संस्कृतप्रणयिनश्चेति निर्विवादम्। प्रथमतस्तु तादृशे विषये संस्कृतभाषायां लेखिनीसंचालनमेवासामान्यं कर्म, तत्र च विशेषरूपेण धैर्यमपेक्ष्यते, तदुत्तरं तादृग्ग्रन्थप्रकाशनप्रयासोऽपि नितरां क्लेशावहो भवति। परं इयमप्येतदत्र लेखकधुरीणैरेव निर्व्यूढमिति ते विशेषरूपेणाभिनन्द्यतामर्हन्ति। ग्रन्थेऽस्मिन् अपेक्षितचित्रसज्जादिकं विलोक्यास्य सर्वाङ्गपूर्णताऽपि चेतश्चमत्कारमातनोति। अत्रावश्यं संस्कृत प्रणयिनां विद्यार्थिनां च हृदयाकर्षणं भविष्यतीति नास्ति मनागपि संशयः—

शिवदत्त शर्मा चतुर्वेदः
प्रवक्ता—साहित्य विभाग
संस्कृत महाविद्यालय काशीहिन्दू विश्वविद्यालय

प्रथमः परिच्छेदः

अध्याय १.

।। दैर्घ्यक्षेत्रफलायतनमापनम् ।।

१. वैज्ञानिकं मापनं तौलनञ्च ।

यदा अस्माभिः कश्चित् भौतिकराशिः माप्यते तौल्यते च तदा तद्राशेः तुलना तादृश एव राशेः मात्रकेण क्रियते । अर्थात् अस्माभिः परिज्ञायते यत् कस्याञ्चित् भौतिकराशौ तादृश एव भौतिकराशेः मात्रकं कतिवारं सम्मिलितम् अस्ति । यथा-यदा अस्माभिः कस्यचित् कक्षस्य दैर्घ्यं १५ मीटर-परिमितं कथ्यते तदा अस्माकं तात्पर्यं भवति यत् कक्षस्य दैर्घ्ये मीटरदैर्घ्यं पञ्चदशवारं सम्मिलितं वर्तते । इत्थमेव यदा कस्यचित् वस्तुनः भारः ५ ग्रामपरिमितः कथ्यते तदा अभिप्रायोऽयं यत् अस्माभिः प्रमाणीकृतात् ग्रामभारात् तद्भारः पञ्चगुणितोऽस्ति ।

सर्वेषां भौतिकराशीनां मापनं तौलनं वा केवलं दैर्घ्यस्य, संहत्याः समयस्य च मात्रकैः कर्त्तुं शक्यते । अत इमानि त्रीणि मौलिकानि मात्रकाणि [Fundamental Units] कथ्यन्ते । इतराणि सर्वाणि मात्रकाणि एभ्यः मौलिकेभ्यः मात्रकेभ्यः निस्सारितानि । अतएव तानि व्युत्पन्नानि मात्रकाणि इति [Derived Units] अभिधीयन्ते ।

२. मापनस्य द्विधा पद्धतिः—

वैज्ञानिकानां परिमाणानां मापनस्य प्रधानतः द्वे पद्धती स्तः । अर्थात्

(१) आँग्लीया पद्धतिरथवा फुटपौण्डसेकेण्ड-पद्धतिः (Fcot, Pound, Secound-system or F. P. S. system)

(२) फ्रान्सिकी पद्धतिरथवा मीटरपद्धतिर् उत सेण्टीमीटरग्रामसेकेण्डपद्धतिः (Centimeter-Gram-Second or C. G. S. system) आँग्लपद्धत्यां फुट

पाउण्डश्च फ्रान्सिक्यां पद्धत्यां च सेण्टीमीटरं ग्रामश्च दैर्घ्यस्य संहत्याश्च मात्रकाणि सन्ति । पद्धतिद्वये समयस्य मात्रकं सैकेण्डमेव वर्तते ।

आभ्यां पद्धतिभ्यामतिरिक्तैव एका तृतीया पद्धतिः । यत्र मीटरं, किलोग्रामं सेकेण्डश्च मौलिकानि मात्रकाणि इति स्वीकृतानि । पद्धतिश्चेयं M. K. S. अर्थात् म०क०स० इति संक्षिप्तेन नाम्ना अभिधीयते ।

३. दैर्घ्यस्य मात्रकाणि: (Units of Length)

आँग्लपद्धत्यां दैर्घ्यस्य तुलना आँग्लेन साम्राज्यिकेन गजमापकेन (British Imperial Yard) क्रियते । अस्य परिभाषा आँग्लदेशीयया विधायिकया निम्नांङ्कितेन प्रकारेण कृता ।

"एक्सचेकरनामकस्य अधिकारिणः कार्यालये लन्दननगरे स्थापितस्य काँसमयस्य दण्डस्योपरि द्वयोः निश्चितयो रेखयोरन्तरालस्य विस्तारं ३२० फा० इति तापे एकगजमापकस्यैव तुल्यं भविष्यति ।" अस्यां पद्धत्यां दैर्घ्यस्य मात्रकं १ फुटपरिमितं भवति । एकफुटमापकस्तु गजमापकस्य तृतीयांशो भवति । अन्येषां दैर्घ्याणां मात्रकाणि निम्नप्रकारकाणि भवन्ति ।

१२ इञ्चपरिमितिः = १ फुटपरिमितिः
३ फुटपरिमितिः = १ गजपरिमितिः
२२० गजपरिमितिः = १ फर्लाङ्गपरिमितिः
८ फर्लाङ्गपरिमितिरथवा १७६० गजपरिमितिः = १ मीलपरिमितिः

मीटरपद्धत्यां दैर्घ्यस्य मूलाधारम् एक मीटरमिति । फ्रान्सदेशीयगणराज्यानुसारेण पेरिसनगरतः निर्गच्छता देशान्तरेण सह प्रमीयमाणस्य औदीच्यात् ध्रुवात् विषुवद्रेखापर्यन्तं व्याप्तस्य अन्तरालस्य एककोटिकांशो मीटरपरिमित इति निर्धारितोऽभवत् । किन्तु, इदानीं पेरिसनगरे निहिते प्लेटिनमेरीडियमधातुनिर्मितस्य दण्डकस्य दैर्घ्यं 0° C अर्थात् शून्यशतांशे तापे चिह्नयोर् द्वयोर्मध्ये वर्तमानमन्तरालम् एकमीटरपरिमितं मन्यते । अस्यां पद्धत्यां अन्येषां दैर्घ्याणां मात्रकाणि निम्नप्रकारेण निर्धारितानि ।

मैट्रिकपद्धत्या : दैर्घ्यतालिका :—

१० मिलीमीटराणि (मि० मी०) = १ सेण्टीमीटरम् (से० मी०)
१० सेण्टीमीटराणि (से० मी०) = १ डेसीमीटरम् (डे० मी०)
१० डेसीमीटराणि (डे० मी०) = १ मीटरम् (मी०)
१० मीटराणि (मी०) = १ डेकामीटरम् (डे० मी०)
१० डेकामीटराणि (डे० मी०) = १ हेक्टोमीटरम् (हे० मी०)
१० हेक्टोमीटराणि (हे० मी०) = १ किलोमीटरम् (कि० मी०)

वैज्ञानिकाः मापतौलकर्मणि आँग्लमात्रकाणां प्रयोगं न कुर्वन्ति । यतः आंग्लपद्धत्यां मात्रकस्यैकस्य अन्यस्मिन् मात्रके परिवर्त्तनार्थं दशमलवप्रयोगः कर्त्तुं न शक्यते । किन्तु मीटरपद्धत्यां वामपार्श्वे दक्षिणे वा दशमलवस्य अपसारणात् मात्रकमेकं अन्यस्मिन् मात्रके रूपान्तरीकर्त्तुं शक्यते ।

आँग्लीयायाः मैट्रिकपद्धत्याः मात्रकेण सह सम्बन्धः :—

१ मीटरम् = ३९·३६ इञ्चानि
१ इञ्चम् = २·४५ सेण्टीमीटराणि
१ किलोमीटरम् = ०·६२१ मीलम्
१ गजम् = ०·९१४ मीटरम्

४. दैर्ध्यस्य मापनम् :—

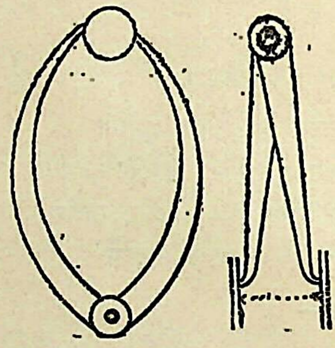
सामान्यतः दैर्ध्यस्य मापनार्थं प्रयुज्यमानम् उपकरणं मीटरमापक इति (Metre scale) नाम्ना अभिधीयते । इयं तु काष्ठमयी लौहमयी वा एका समतला पट्टिका भवति । अस्या एकस्मिन् पार्श्वे से० मी० इति परिमाणे तस्य दशमांशे च चिह्नानि अङ्कितानि वर्त्तन्ते । अपरस्मिन् च पार्श्वे इञ्चपरिमाणस्य तस्य अष्टमांशस्य, दशमांशस्य षोडशांशस्य वा चिह्नानि अङ्कितानि भवन्ति । उपकरणेनानेन सेण्टीमीटरस्य दशमभागपर्यन्तस्य यथार्थं मानं कर्त्तुं शक्यते । दीर्घातिशयस्य सरलरेखायाम् अनवस्थितस्य वा अन्तरालस्य मापनार्थं मापकशृङ्खला (Measuring chain) प्रयुज्यते । अस्यां परस्परसंयुक्ताः लौहकण्डिकाः वर्त्तन्ते । प्रत्येका लौहकण्डिका १ फुटपरिमिता भवति । इयं लौहशृङ्खला ६० फुटपरिमाणादारभ्य १०० फुटपरिमाणपर्यन्तं दीर्घा भवति ।

५. कैलीपर्सनामकं मापनोपकरणम् :—

कस्यचिद् गोलाकारवस्तुनः, वलयदण्डकस्य बाह्यव्यासस्य रिक्ताभ्यन्तरिकस्य वलयदण्डकस्य वा आभ्यन्तरव्यासं मापितुं कैलीपर्सनामकम् उपकरणं प्रयुज्यते । उपकरणमिदं लौहमयं यत्किञ्चित्कर्त्तरिकाकारं भवति । बाह्याभ्यन्तरिकभेदेन द्विविधं चेदमुपकरणम् ।

मापनविधि :—यदा कैलीपर्सेन कस्यचिद् गोलस्य वलयदण्डकस्य वा बाह्यव्यासः माप्यते तदा बाह्यकैलीपर्सस्य शिरसी विस्तीर्य तयोर्मध्ये घनपदार्थ इत्थं निस्सार्यते यत् तस्य पृथुलतमः भागः कैलीपर्सस्य शिरसोरन्तरालात् निर्गच्छेत् शिरसोरन्तरालं च इत्थं सम्प्रञ्च्यते यत् ताभ्यां घनपिण्डः सम्यक्तया स्पृश्येत । तदनन्तरं कैलीपर्सस्य द्वे शिरसी मापकपट्टिकोपरि निधाय तयोरन्तरालदैर्घ्यं परिज्ञायते । प्रत्येकस्मिन् स्थाने वलयदण्डस्य व्यासः द्वयोर्लम्बरूपदिशोः मापनीयः (किमर्थम् ?) ईदृशं च प्रेक्षणं वलयदण्डकस्य पञ्चसु षट्सु वा स्थानेषु कर्त्तव्यम् । रिक्ताभ्यन्तरस्य वलयदण्डकस्य व्यासं मापितुं आभ्यन्तरिकस्य कैलीपर्सस्य शिरसी वलयदण्डकस्य आभ्यन्तरे प्रवेश्य द्वयोः शिरसोरन्तरालम्

इत्थ समञ्जनीयं यत् ताभ्यां वलयदण्डकस्य आभ्यन्तरिकं तलं सम्यक्तया स्पृष्टं भवेत्। तदनन्तरं शिरसोर्द्वयोरन्तरालं मापनीयम्।



चित्रम् १-२

६. वर्नियरमापकं :—

सामान्येन मीटरमापकोपकरणेन वयं दृष्ट्या अवलोक्य १ मिलीमीटरपर्यन्तस्य अनुमानेन च तदर्धभागपर्यन्तस्य दैर्घ्यं मापितुं शक्नुमः। परन्तु, तदग्रेऽनुमातुम् अस्माकीना दृष्टिरसमर्थैव। अतएव दैर्घ्यस्य समधिकरूपेण विशुद्धतया मापनार्थं वर्नियरं, चूलिकामापकः, (Screw gauge) वृत्तमापकादीनि यन्त्राणि विनिर्मितानि।

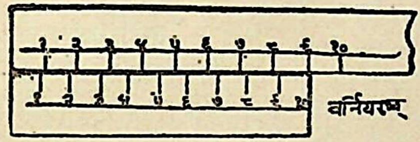
सप्तदशे खीष्टाब्दे फ्रान्सदेशीयेन पीरेवर्नियरनामकेन गणितज्ञेन वर्नियरनामकं यन्त्रम् आविष्कृतम्। अतएव तन्नाम्नैव अभिहितमिदं यन्त्रम्। इदं वर्नियरमेकः सहायकः मापकः भवति। स मुख्यमापके अभिसरति। मुख्यमापकवत् वर्नियरमपि चिह्नाङ्कितं भवति। परन्तु तानि चिह्नानि इत्थम् अङ्कितानि भवन्ति यत् वर्नियरस्य 'न' चिह्नानां दैर्घ्यं प्रायशः मुख्यमापिकायाः (न − १) चिह्नानां दैर्घ्यतुल्यं कदाचिच्च (न + १) चिह्नानां दैर्घ्यतुल्यं भवति।

यदि 'न' वर्नियर भागः=(न − १) मापिकाभागः

$$\text{तर्हि १ वर्नियरभागः} = \left(१ - \frac{१}{न}\right) \text{मुख्यपापिकाभागः}$$

अत एतादृशेषु वर्नियरेषु एको वर्नियरभागः मुख्यमापिकायाः याथार्थेन $\frac{१}{न}$ मापिकाभागसमः न्यूनो वा भवति। सामान्यवर्नियरे वर्निवरमापिकायां १० भागाः भवन्ति। ते दैर्घ्ये मुख्यमापिकायाः ९ भागतुल्याः भवन्ति। अत एकस्य मुख्यमापिकाभागस्य वर्नियरभागस्य च अन्तरः $\frac{१}{१०}$ मुख्यमापिकाभागतुल्यो भवति। परन्तु इत्थाङ्कितेषु कतिषु वर्नियरेषु ८ भागाः मुख्यमापिकायाः ७ भागतुल्याः भवन्ति, तदा तु मुख्यमापिकायाः

इञ्चपरिमित्यां १६ भागाः भवन्ति। कदाचित्तु वर्नियरस्य २० भागाः मुख्यमापिकायाः १९ भागातुल्याः भवन्ति।



चित्रम् १-३

१·३ चित्रे मुख्यमापिका वर्नियरञ्च युगपद् प्रदर्शिते। वर्नियरस्य १० भागानां दैर्घ्यं मापिकायाः ९ भागतुल्यम् अस्ति। वर्नियरस्य शून्यचिह्नं मापिकायाः शून्यचिह्नस्य अभिमुखं वर्त्तते। परन्तु वर्नियरस्य इतराणि चिह्नानि मापिकायाः चिह्नापेक्षया वामपार्श्वे अपसृतानि। तथा चः—

१ मुख्यमापिकाभागस्य १ वर्नियरभागस्य चान्तरः $=\frac{१}{१०}$ मापिकाभागः

२ मुख्यमापिकाभागस्य २ वर्नियर भागस्य चान्तरः $=\frac{२}{१०}$ मापिकाभागः

३ „ ३ „ $=\frac{३}{१०}$ मापिकाभागः

इत्यादयः

अन्ततोगत्वा वर्नियरस्य दशमे भागे मापिकायाः दशमे भागे च पूर्णतया एकमापिकाभागेन तुल्योऽन्तरं भवति। अर्थात् स मापिकायाः नवमचिह्नस्य अभिमुखं भवति। इत्थं यद्यपि एकमापिकाभागस्य ततोऽन्ये लघुभागाः विहिताः तथापि—

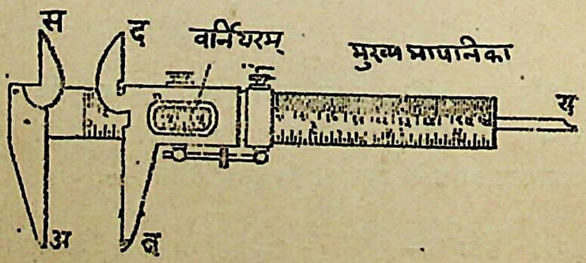
वर्नियरस्य साहाय्येन तस्य $\frac{१}{१०}, \frac{२}{१०}, \frac{३}{१०}$ प्रभृतीनां भागानां दैर्घ्यं याथार्थ्येन लक्ष्यते

अस्यां दशायां न्यूनतमं पठनीयं दैर्घ्यं $\frac{१}{१०}$ मापिकाभागस्य तुल्यं भवति दैर्घ्यमिदं वर्नियरस्य लघुतमः मापः (Least count) इत्यभिधीयते। अतः कस्यचिद् वर्नियरस्य लघुतमः मापः मुख्यमापिकायाः १ भागस्य यद्-दैर्घ्यं वर्नियरस्य १ भागस्य च यद् दैर्घ्यं तयोरन्तरेण तुल्यः भवति। अयमेव अन्तरः वर्नियराल्पतमाङ्कोऽपि (Vernier Constant) कथ्यते।

वर्नियरस्य पठनाय प्रथमं वर्नियरस्य शून्यतः पूर्ववर्त्तीनि मुख्यमापिकाचिह्नानि पठनीयानि । तदनन्तरं वर्नियरे स्वचक्षुचालनं कुर्वन् अवलोकनीयं यद् वर्नियरस्य कतमं चिह्नं मुख्यमापिकाचिह्नाभिमुखं वर्तते । संख्यां चेमं वर्नियरस्य अल्पतमाङ्केन गुणयित्वा मुख्यमापिकायाः मापे संयोजनात् पूर्णमापः परिज्ञायते ।

७ वर्नियरकैलिपर्स (Vernier Callipers) तस्य प्रयोगश्चः—

यस्मिन् सामान्यतमे यन्त्रे, वर्नियरस्य उपयोगः क्रियते तद् वर्नियरकैलिपर्समिति नाम्ना अभिधीयते । अस्मिन् यन्त्रे मुख्यमापिका एकायसपट्टिकोपरि निर्मिता भवति । तत्र एकस्मिन् पार्श्वे सेण्टीमीटरस्य मिलीमीटरस्य च चिह्नानि निर्मितानि भवन्ति अपरस्मिन् च पार्श्वे इञ्चं तस्य दशमो भागः कदाचिच्च षोडशो भागोऽङ्कितो भवति । वर्नियरमापकं च तदुपरि प्रसरन्त्यां एकस्यां अन्यासां अयसपट्टिकायाम् अङ्कितं भवति। प्रायशः वर्नियरमापिकायाः दश भागाः दैर्घ्ये मुख्यमापिकायाः नवभागतुल्याः भवन्ति । मुख्यमापिकायाः वर्नियरस्य वामपार्श्वस्य शिरसी च द्वयोरन्ययो पट्टिकयोर् दैर्घ्येण सह समकोणं विदधती संयुक्ते भवतः । अ, ब इति शिरसी बाह्यपिण्डं परिमातुं, स, द कस्यचिद् रिक्तान्तरस्य वस्तुनः आन्तरिकं व्यासं परिमातुं, पट्टिका 'य' च गभीरत्वं परिमातुं भवति । यदा इमे पट्टिके पूर्णतया अन्योन्यं स्पृशतः तदा मुख्यमापिकायाः वर्नियरस्य च शून्यचिह्ने परस्पराभिमुखे भवतः । किन्तु, कदाचित् मुख्यमापिकायाः वर्नियरस्य च शून्यचिह्ने सर्वथैव अभिमुखीने न भवतः अपितु तयोर्मध्ये किञ्चिदन्तरो भवति । उभयोः शून्ययोरन्तरश्चाय शून्याङ्की त्रुटिरिति (Zero Error) कथ्यते । अयन्तु वर्नियरसाहाय्येन पठ्यते । वर्नियरकैलिपर्सेन मापनारम्भाद् पूर्वं शून्याङ्कित्रुट्याः पठनम् अत्यावश्यकं भवति ।



चित्रम् १-४

प्रयोगकरणस्य रीतिः भागत्रये विभाज्या ।

(अ) वर्नियरस्य अल्पतमाङ्कस्य ज्ञानकरणम् ।

(ब) शून्याङ्कित्रुट्याः ज्ञानकरणम् ।

(स) प्रदत्तस्य दैर्ध्यस्य मापनम् ।

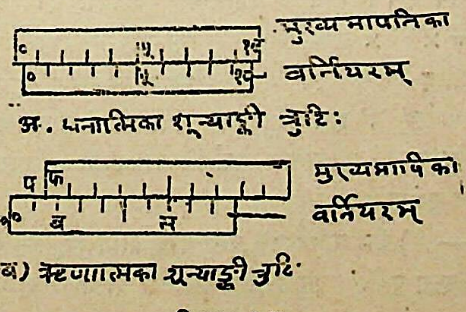
(अ) वर्नियराल्पतमाङ्कस्य ज्ञानकरणार्थम् उभयोर्मापिकयोः शून्ये परस्पराभिमुखीने

कृत्वा लक्ष्यते यत् वर्नियरस्य कियद्भागानां दैर्घ्यं मुख्यमापिकायाः कियद्भागानां दैर्घ्येण तुल्यं अस्ति। अनेन प्रकारेण गणनाद्वारा मुख्यमापिकाया एकस्य भागस्य वर्नियरस्य च स च यद् दैर्घ्यस्य अन्तरः अर्थात् वर्नियरस्य अल्पतमाङ्कः परिज्ञायते।

(ब) शून्याङ्किकीं त्रुटिं परिज्ञातुं मापिकयोरुभयोः पट्टिके सर्वथैव संयुज्येते पुनश्च अवलोक्यते यत् मापिकयोरुभयोः शून्ये परस्पराभिमुखीने स्तः न वा। यदि चेदुभे शून्ये अभिमुखीने स्तः तर्हि उपकरणे कापि शून्याङ्किकी त्रुटिर्न भवति। यदि वर्नियरस्य शून्यं मुख्यमापिकायाः शून्यतोऽग्रे भवति तर्हि शून्याङ्किकी त्रुटिः धनात्मिका भवति सा च प्रेक्षणेभ्यः ऊनीकरणीया यदि चेत् वर्नियरस्य शून्यं पश्चाद् वर्त्तते तर्हि शून्याङ्किकी त्रुटिः ऋणात्मिका भवति सा च प्रेक्षणेषु संयोज्या भवति। अधस्तनयोः चित्रयोः कलनीयं यत् मुख्यमापिका मि० मी० इति परिमाणेन विभाजिता तथाच वर्नियरस्य अल्पतमाङ्कः ·०१ से० मी० परिमितोऽस्ति।

(अ) इति चित्रे शून्याङ्किकी त्रुटिः धनात्मिका यस्याः मानं ·०५ से० मी० अस्ति। कस्यचिद् वस्तुनः दैर्घ्यमापनसमये त्रुटिरियम् प्रेक्षणेभ्यः वियोज्या भविष्यति।

(ब) इति चित्रे वर्नियरस्य एकः पूर्णभागः भागस्यान्यस्य च किञ्चिदंशः मुख्यमापिकायाः शून्यतः पश्चाद्वर्त्तते। अतएव त्रुटिरियं ऋणात्मिका भवति सा च प्रेक्षणेषु संयोज्या स्यात्। ऋणात्मिकायाः शून्याङ्किक्याः मानं परिज्ञातुं मुख्यमापिकायाः नवमचिह्नस्य वर्नियरस्य वैपरीत्येन (अर्थात् दक्षिणपार्श्वतः) पठनात् परिज्ञायते।



चित्रम् १-५

वर्नियरपठनसम्बन्धिसामान्यनियमानुसारेण दक्षिणभागतः पठने वर्नियरस्य 'स' इति तृतीयं चिह्नं मुख्यमापिकायाः चिह्नस्य अभिमुखं वर्त्तते। अतो वर्नियरस्य मापः ·०३ से० मी० भवति। वर्नियरस्य दशमं चिह्नं च (यत् दक्षिणभागतः पठने शून्यचिह्नम् अस्ति।) मुख्यमापिकायाः नवमचिह्नतः १ से० मी० + ·०३ से० मी० = ·१३ से० मी०

वामभागेऽपसृतम् भवति । दैर्घ्यमिदं वर्नियरस्य यत् शून्यं मुख्यमापिकायाश्च यत् शून्यं तयोर्मध्यवर्त्तिना दैर्घ्येण तुल्यं भवेत् । यतः यदा वर्नियरस्य शून्यं मुख्यमापिकायाः शून्यस्य अभिमुखं भवेत तर्हि वर्नियरस्य दशमं चिह्नं मुख्यमापिकायाः नवमचिह्नस्य अभिमुखं वर्त्तते ।

अतएव ऋणात्मिका शून्याङ्किकी त्रुटिः='१३ से०मी० । प्रेक्षणेषु इयं संयोजनीया ।

(स) यस्य वस्तुनः दैर्घ्यं वर्नियरकैलिपर्सेन मापनीयं भवति तत्तु द्वयोः पट्टिकयोर्मध्ये तथा गृह्यते यत् ते तद्वस्तु सम्यक्तया स्पृशेताम् । अर्थात् यन्त्रेण वस्तुनः ग्रहणकाले तद्वस्तु नैव शिथिलं न चाप्यतिदृढं भवेत् । पुनश्च अवलोक्यते यत् वर्नियरस्य शून्यचिह्नं मापिकायाः कस्मात् चिह्नाद् अग्रे वर्त्तते । अस्य चिह्नस्य पठनात् मुख्य-मापिकायाः मानं परिज्ञायते । तदनन्तरं स्वचक्षुषी युगपदेव उभयोर्मापिकयोः दक्षिणभागे निक्षिप्य परिलक्ष्यते यत् वर्नियरस्य कतमं चिह्नं याथार्थेन मुख्यमा-पिकायाः कस्य चिह्नस्य अभिमुखं वर्त्तते । वर्नियरस्यास्य चिह्नस्य संख्या वर्निय-रस्य अल्पतमाङ्केन गुण्यते । इत्थं वर्नियरस्य मापो लभ्यते ।

यदि चेत् इञ्चपरिमाणे सेण्टीमीटराणां संख्या उपलभ्या तर्हि इञ्चेषु सेण्टीमीटरेषु च शून्याङ्किकीं त्रुटिं परिलक्ष्य वर्नियरकैलीपर्सं विभिन्नदैर्घ्यें प्रसार्य तानि दैर्घ्याणि इञ्चेषु सेण्टीमीटरेषु च पठनीयानि । प्रत्येकस्य दैर्घ्यस्य सेण्टीमीटरस्य संख्या यदि इञ्चानां संख्यया विभज्यते तर्हि एकस्मिन् इञ्चे सेण्टीमीटरस्य संख्या उपलभ्यते । अष्टवारं दशवारं वा ईदृशं प्रेक्षणं कृत्वा तस्य मध्यमं मानं ज्ञातव्यम् । अत्र समधिकस्य दैर्घ्यस्य ग्रहणात् शुद्धतमं फलं ज्ञायते (कथम् ?) ।

यदि चेत् कस्यचिद् सघनवलयदण्डस्य आयतनं माप्यं तर्हि तस्य उच्छ्रितिः व्यासश्च वर्नियरकैलिपर्सेण मापनीयौ । व्यासं च अर्द्धीकृत्य त्रिज्यायाः दैर्घ्यं 'त्र' इति ज्ञातव्यम् । पुनश्च आयतनम् $= \pi \times$ त्र$^2 \times$ उच्छ्रिति इति सूत्रेण आयतनं गणनीयम् ।

यदि चेत् कस्यचिद् रिक्तान्तरस्य वलयदण्डस्य आभ्यन्तरम् आयतनं ज्ञातव्यं स्यात् तर्हि वलयदण्डस्य गभीरत्वं 'य' इति पट्टिकया तस्याभ्यन्तरं व्यासं च वर्नियरकैलिपर्सस्य 'स, द' इति शिरोभ्यां माप्यते । व्यासस्य अर्द्धं त्रिज्या भवति । पुनश्च आयतनम् $= \pi$ त्र$^2 \times$ गाम्भीर्यम् इति सूत्रेण गणना क्रियते ।

अवधानीयम् :—(१) दैर्घ्यमापनकाले वस्तु इत्थं ग्राह्यं यत् तत् पट्टिकयोर्मध्ये सम्य-क्तया स्थितं भवेत । इदम् गृहीतं वस्तु अतिदृढं शिथिलं वा न भवेत् ।

(२) वलयदण्डस्य यथार्थं व्यासं परिज्ञातुं प्रत्येकस्मिन् स्थाने द्वयोः लम्बरूपयोः दिशोः मापः करणीयः (किम् ?) । ईदृशश्च मापः कतिपयेषु च स्थानेषु ग्राह्यः ।

८. वर्नियरकैलिपर्सेण क्रियमाणा इतरे प्रयोगा :—

(अ) प्रयोगद्वारा 'π' इत्यस्य मानस्य ज्ञानम्

कस्यचिद् वृत्तस्य परिधेः दैर्घ्यं तस्य व्यासस्य दैर्घ्यापेक्षया यावद्गुणितमधिकं

भवति तदनुपातः 'π' इति ग्रीकाक्षरेण लक्ष्यते । 'π' चिह्नमिदं पादिकानाम्नाभिहितम् । पादिकायाः मानं परिज्ञातुं निम्नाङ्कितयोः रीत्योः कतरापि रीतिः प्रयोज्या । किन्तु, तत्रायमेव सिद्धान्तो निहितः यत् परिधेः व्यासस्य च दैर्घ्यम् उपलभ्य व्यासदैर्घ्येण परिधिदैर्घ्यं विभज्यते ।

प्रथमा रीति :—विभिन्नानां व्यासानां चत्वारः पञ्च वा वलयदंडाः संगृह्याः । तेषां परिधयः एकेन ऋज्वा सूक्ष्मसूत्रेण व्यासाश्च वर्नियरकैलिपर्सेण मापनीयाः । प्रत्येकस्य परिधेश्च दैर्घ्यं तस्य व्यासदैर्घ्येण विभाज्यम् । इत्थं 'π' इत्यस्य अर्थात् पादिकायाः मानम् उपलभ्यते । सर्वेषां मानानां योगं प्रेक्षणसंख्यया विभजनात् 'π' इत्यस्य अर्थात् पादिकायाः मध्यमं मानं ज्ञायते ।

द्वितीया रीति :—कर्गदस्य सूक्ष्मैकां पट्टिकां आदाय तस्यैका आवृत्तिः वलयदंडोपरि इत्थं आस्तरणीया यत् कर्गदेन वलयदंडः पूर्णतया स्पृष्टो भवेत् । यत्र कर्गदस्य उभे शिरसी ऊर्ध्वाधरं वर्त्तेते तत्र कीलिकया छिद्रं करणीयं तदनन्तरं कर्गदस्य पट्टिका वलयदण्डाद् अपसार्य मापिकया छिद्रयोरुभयोर् 'अ'-'व' इत्येतयोर्मध्यस्थितं दैर्घ्यं मापनीयम् इत्थं वलयदण्डस्य परिधिः परिज्ञायते । वर्नियरकैलिपर्सस्य साहाय्येन वलयदण्डस्य व्यासः मापनीयः । व्यासदैर्घ्येण च परिधिदैर्घ्यं भाज्यम् । तर्हि 'π' इत्यस्य अर्थात पादिकायाः मानं ज्ञायते । मानञ्चेदं $\frac{२२}{७}$ अथवा ३.१४ इत्यनेन तुल्यं भवति ।

(ब) प्रदत्तस्यैकस्य अनुप्रस्थपरिच्छेदस्य क्षेत्रफलं ज्ञातव्यम् ।
क्षेत्रफलम्$=\pi$ त्र^{२} । यत्र 'त्र' इति वलयदण्डस्य त्रिज्या भवति ।

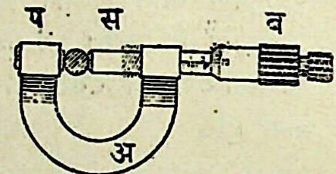
(स) प्रदत्तस्यैकस्य वलयदण्डस्य आयतनं मापिकागलपात्रिकया (Measuring glass) ज्ञातव्यं साधनीयञ्च यत् आयतनं$=\pi$ त्र^{२} च यत्र 'त्र' इति परिच्छेदस्य त्रिज्या तथा 'च' इति वलयदण्डस्य उच्छ्रितिरस्ति ।

६. चूलिकामापिका (Screw Gauge)

चूलिकामापिका एकया चूलिकया (Serew) निर्मीयते यस्मिन् अवधानपूर्वकं वलितानि क्रियन्ते । वलितैरेभिश्चूलिका एकस्मिन् अर्धवृत्ताकारे घने घूर्णनं करोति । यदि चूलिका घटीयन्त्रस्य सूचिकायाः दिशि परिभ्राम्यते तर्हि सा पुरस्सरति तद्विपरीतदिशि परिभ्रामणात् च सा अपसरति । पूर्णैकावृत्या चूलिका यावन्मात्रं पुरस्सरणम् अपसरणं वा करोति तत्तु चूलिकायाः वलितमिति कथ्यते । वलितस्यास्य मानं प्रायः एकमिलीमीटरेण तुल्यं भवति । यदि चेत् वलितस्य वृत्तं १०० तुल्यभागेषु विभज्यते तर्हि एकस्मिन् भागे घूर्णनात् चूलिका $\frac{१}{१००}$ मि० मी० पर्यन्तं पुरो गमिष्यति । इदमेव तन्न्यूनतमं दैर्घ्यं भवति यत् चूलिकया माप्यते । दैर्घ्यञ्चेदं चूलिकामापिकायाः लघुतममापं (Least Count) इति कथ्यते । अस्मिन् यन्त्रे मापिकाद्वयं वर्त्तते ।

तयोरेका सरलमापिका (Linear Scale) भवति । सा चूलिकायाः सम्पूर्णां वलित-संख्यां सूचयति । अन्या च शिरोमापिका (Head Scale) इत्यभिधीयते । तया च मापिकायाः गोले निर्मितानां भागानां संख्या सूच्यते । सूक्ष्मलौहतन्त्वादीनां लघुदैर्घ्याणां व्यासादिमापने यन्त्रस्यास्य प्रयोगः क्रियते ।

चूलिका–मापिका



चित्रम् १.७

चूलिकामापिकायाः प्रयोगस्य रीतिः भागत्रये विभक्ता ।

(१) चूलिकावलितानां लघिष्ठमापस्य च ज्ञानम् ।

(२) शून्याङ्कत्रुट्याः परिज्ञानम् ।

(३) दैर्घ्यस्य मापनम् ।

(१) चूलिकायाः वलितं ज्ञातुं चूलिका वारमेकं पूर्णावर्त्तं परिभ्राम्यते । इत्थं चूलिका यावन्मात्रं पुरस्सरणमपसरणं वा करोति तदन्तरालं ऋजुमापके पठ्यते । अतो चूलिकायाः वलितं ज्ञायते । पुनश्च चूलिकाशिरसि वर्त्तमानाः भागाः पठ्यन्ते । संख्यया अनया चूलिकायाः वलितसंख्यां विभज्य चूलिकायाः लघिष्ठमापः परिज्ञायते ।

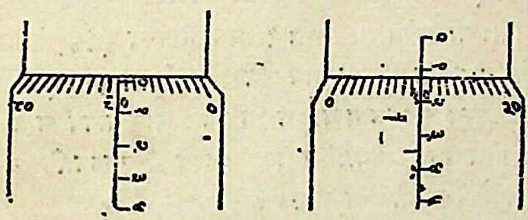
(२) ततश्च परिवृत्तिपूर्वकं चूलिका 'अ' इतिअ र्द्धवृत्ताकारघनस्य समतलान्तभागेन सर्वथा संयुज्यते परिलक्ष्यते च यत् शिरोमापिकायाः शून्यं ऋजुमापकस्य शून्येन मिलति न वा । यदि चेदुभे शून्ये मिलेताम् तर्हि यन्त्रे शून्याङ्की त्रुटिर्न भवेत् । यदि चेदुभे शून्ये न मिलेताम् तर्हि शून्याङ्की त्रुटिः संजायेत । तां त्रुटिं परिज्ञातुं शिरोमापकस्य तच्चिह्नं पठ्यते यत् सरलमापकस्य रेखोपरि वर्तते । तथाच चूलिकायाः शिरस्तु घनस्य समतलान्तभागेन सर्वथा मिलितं भवति । यदि चेत् चूलिकायाः 'स' इति शिरसः अर्द्धवृत्ताकारघनस्य 'प' इति शिरसश्च मध्ये स्वल्पावकाशो वर्त्तेत सरलमापकस्य च शून्यशिरः ऋजुमापकस्य शून्यशिरसा मिलितं भवेत् तर्हि शून्याङ्की त्रुटिः ऋणात्मिका भवति । सा च प्रेक्षणेषु संयुज्यते । परन्तु, यदि शून्ययोरुभयोः सम्मिलनात् पूर्वमेव चूलिकायाः "स" इति शिरः घनस्य 'प' इति शिरसा मिलेत् तर्हि शून्याङ्की त्रुटिः धनात्मिका भवति । सा च प्रेक्षणेभ्य ऊनीक्रियते ।

अत्राङ्कितयोः चित्रयोः कल्प्यं यत् चूलिकायाः परिवृत्तं एकमिलीमीटरपरिमितं लघिष्ठः मापश्च १/१०० मि० मि० परिमितः, तर्हि 'अ' इति चित्रे धनात्मिका शून्याङ्की त्रुटिः=

सरलमापिकाया एको भागः + शीर्णमापकस्य १० भागाः=·१ + ·०१० से० मी०
=·११० से०मी०

परिमाणञ्चेदं प्रेक्षणेभ्य ऊनीकरणीयम् ।

चित्रम् (अ)



चित्रम् (ब)

चित्रम् १·८

"ब" इति चित्रे शीर्षमापकस्य शून्यं १० भागपर्यन्तम् अधिकम् उपसृतम् । अतएव ऋणात्मिका शून्याङ्की त्रुटिः = शिर्षमापकस्य १० भागाः=·०१० सेमी० परिमाणञ्चेदं प्रेक्षणे योजनीयम् ।

(३) यस्य वस्तुनः स्थौल्यं माप्यं तद् 'प' इति 'स' इति एतयोर्मध्ये स्थाप्यते चूलिका च परिवर्त्यते । क्रिया चेयं तावत्पर्यन्तं क्रियते यावत् तद् वस्तु 'प' इति 'स' इति शिरसोर्मध्ये याथार्थ्येन दस्यते । (द्रष्टव्यं चित्रं १·७) । सरलमापिका शीर्षमापकश्च पठ्येते यथावश्यकं शून्याङ्कीं त्रुटिं च संयोज्य वियोज्य वा तस्य स्थौल्यं परिज्ञायते । तन्तुनः व्यासस्य मापनकाले प्रत्येकस्मिन् स्थाने उभयोर्लम्बरूपयोः दिशोः प्रेक्षणं कर्त्तव्यम् । यतः तन्तुनः परिच्छेदः तस्मिन् स्थाने पूर्णतया वृत्ताकारो न भवेत् । एतादृशानि प्रेक्षणानि च तन्तुनः दैर्घ्यस्य पञ्चसु षट्सु वा स्थानेषु करणीयानि ।

सर्वेषां प्रेक्षणानां मध्यमानग्रहणात् तन्तुनः यथार्थो व्यासः गृह्यते । तदनु तन्तुनः दैर्घ्यं सामान्यमापकेन माप्यं तस्य संहतिश्च भौतिकतुलया ज्ञातव्या । यतो

घनत्वम् $=\frac{\text{संहतिः}}{\text{आयतनम्}}$ । आयतनञ्च=πत्र^2 दै० । यत्र π=३·१४, 'त्र' इति तन्तुनः त्रिज्या 'दै' इति च तस्य दैर्घ्यं भवति । अतएव ज्ञातासु सर्वासु राशिषु घनत्वस्य गणना क्रियते ।

अवधानीयम्

(१) चूलिकामापिकायां वस्तुनः सम्पीडनकाले चूलिकाशीरसोः वस्तुनश्च मध्ये यत्किञ्चिदपि स्थानं न अवशिष्येत् न चापि तद्वस्तु समधिकं दस्येत येन तच्चिपिटं भवेत् ।

(२) धनात्मिका ऋणात्मिका वा त्रुटिः सावधानतया पठनीया ।

(३) यदि चेत् शीर्षमापकस्य चिह्नं दुष्पाठ्यं भवेत् तर्हि पठनशीशकस्य

(Reading lense) प्रयोगः करणीयः ।

(४) तन्तुनः व्यासमापनकाले चूलिका एकस्मिन्नेव दिशि परिभ्राम्या । येन पिच्छटा त्रुटिः (Backlash Error) न संजायेत ।

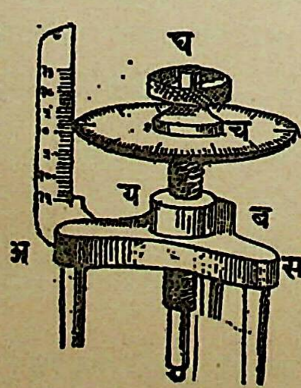
(५) तन्तुनः व्यासस्य मापनं प्रत्येकस्मिन् स्थाने द्वयोर्लम्बरूपयोः दिशोः कर्त्तव्यम् ।

१०-गोलत्वमापिका (स्फेरोमीटरम्–Spherometer) वा ।

चूलिकामापिकायाः साहाय्येन अस्माभिः १ मिलीमीटरस्य $\frac{१}{१००}$ भागपर्यन्तस्य दैर्घ्यं माप्यं भवति । किन्तु, यदाकदा अस्माच्चापि न्यूनस्य दैर्घ्यस्य मापनम् आवश्यकं भवति । अथवा कस्यचिद् गोलतलस्य अवतलतायाः उत्तलतायाः वा मापनं आवश्यकं भवति । एतादृशेषु प्रसङ्गेषु गोलत्वमापिकायाः प्रयोगः क्रियते । एतच्चापि यन्त्रं चूलिका-मापिकायाः सिद्धान्तानुसारेण निर्मितम् अस्ति ।

यन्त्रेऽस्मिन् चूलिकामापिकावत् 'द' इत्येका चूलिका वर्तते यस्याः वृत्तमेकं १ मिली-मीटरपरिमितम् अथवा $\frac{१}{२}$ मिलीमीटरपरिमितम् भवति । चूलिकायाः ऊर्ध्वशिरसि 'च' इत्येका वृत्तकारा पट्टिका संयुक्ता भवति यस्याः परिधिः शतभागेषु पञ्चाशत्सु वा विभक्ता भवति । कदाचिच्च तस्यां २०० भागा अपि भवन्ति । पट्टिकोपरि 'घ' इति घुण्टिकैका भवति यस्या साहाय्येन 'द' इति चूलिका 'य' इति एकस्मिन् पिटके घूर्णयितुं शक्यते । पिटकमिदं 'अ व स' इत्येकस्मिन् धातुखण्डे उट्टङ्कितं भवति । धातुखण्डश्च समोच्चासु तिसृषु शङ्क्वाकारटङ्गासु आधृतः भवति । तिसृणां टङ्गानां शिरसां संयोजनात् एकं समबाहुत्रिभुजं संजायते । चूलिकायाश्च शङ्क्वाकारशिरः अस्य समभुजत्रिभुजस्य लम्बा-त्मकार्द्धकाणां छेदविन्दौ वर्त्तते । 'अ' इति टङ्गोपरि 'प' इति एका ऊर्द्धोन्मुखा मापिका तिष्ठति यस्यां सेण्टीमीटरस्य मिलीमीटरस्य च चिह्नानि अङ्कितानि भवन्ति । मापिकया अनया समस्तानि वलितानि पठ्यन्ते ।

गोलत्वमापिका—स्फेरोमीटरम् (Spherometer)



चित्रम् १-६

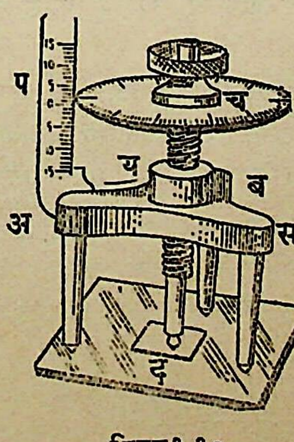
(१) सर्वप्रथमम् अवलोक्यते यत् एकेन पूर्णावर्तेन चूलिका कियन्मात्रं पुरस्सरणम् अपसरणं वा अकरोत् ? अर्थात् घूर्णिकायाः कतमा चूलिका वर्तते ।

(२) पुनश्च अवलोक्यते यत् घूर्णिकायाः वृत्तात्मिकापट्टिकायाः परिधिः कतिषु भागेषु विभक्ता अस्ति । घूर्णिकायाः वलितसंख्यां पट्टिकायाः भागसंख्यया विभज्य तल्लघुतमं दैर्घ्यं विज्ञायते यत् यन्त्रेणानेन माप्यं भवति । दैर्घ्यमिदं यन्त्रस्य लघुतममाप इति कथ्यते ।

(३) यन्त्रस्य तिस्रः टङ्गा एकस्यां शीशकमय्यां पट्टिकायां अथवा कस्मिंश्चिद् अन्यस्मिन् चतुरस्रतले स्थाप्यन्ते । ततः घूर्णिकायाः चूचुकं तावत् परिभ्राम्यते यावत् घूर्णिकायाः शङ्क्वाकारभागः चतुरस्रतलं स्पृशति । यदि चेत् अस्यां दशायाम् ऊर्ध्वस्थितायाः मापिकायाः शून्यचिह्नं पट्टिकायाः शून्नचिह्नेन मिलेत् तर्हि यन्त्रे कापि शून्याङ्की त्रुटिः न भवति । परन्तु, सामान्यतः मापिकयोर्द्वयोः शून्ययोर्मध्ये अल्पाधिकोऽन्तरः तिष्ठति । अन्तरश्चेदं यन्त्रस्य शून्याङ्की त्रुटिरिति कथ्यते ।

यदि चेत् शून्याङ्की त्रुटिः तस्यां दिशि भवेत् यस्यां दिशि चूलिकां परिभ्राम्य दैर्घ्यं माप्यते तर्हि त्रुटिः वास्तविकात् मापफलात् ऊनीकरणीया । यदि चेत् शून्याङ्कीं त्रुटिः विपरीतायां दिशि भवेत् तर्हि सा वास्तविके मापफले संयुज्यते ।

(४) यदि चेद् कस्याश्चिद् शीशकपट्टिकायाः स्थौल्यं माप्यं तर्हि यन्त्रस्य तिस्रः बाह्यटङ्गाः कस्यचिद् चतुरस्रे फलके संस्थाप्य मध्यवर्तिनीचूलिका तावत् परिभ्राम्यते यावत् तासां सूच्याकारमुखानि तलं स्पृशेयुः । अस्यामवस्थायां पट्टिकायाः यच्चिह्नं ऊर्ध्वस्थितेन मापकेन संयुक्तं भवति तद् पठ्यते शून्याङ्कीत्रुटिश्च विज्ञायते । पुनश्च अनुमित्या ऊर्ध्वंप्रति चूलिका तावत् परिभ्राम्यते यावत् स्थौल्यमापनाय अपेक्षिता शीशकपट्टिका 'द' इति चूलिकाया अधोभागे तिसॄणां बाह्यटङ्गानां च मध्ये संस्थिता भवेत् ।

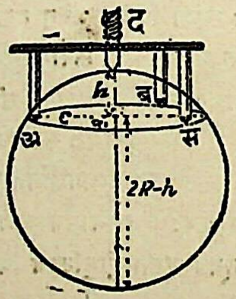


चित्रम् १-१०

ततश्च चूलिका अधोभागे तावत्पर्यन्तं भ्राम्यते यावत् तस्याः सूच्याकारमुखेन फलकं

स्पृश्यते। अस्यामवस्थायां पट्टिकायाः यच्चिह्नं ऊर्ध्वस्थितेन मापकेन मिलति तत्पठ्यते पट्टिका च ऊर्ध्वस्थितस्य मापकस्य यस्मिन् चिह्ने तिष्ठति तदपि पठ्यते। ऊर्ध्वस्थितस्य मापकस्य चिह्नानां पठनात् चूलिकायाः सम्पूर्णावर्तानां संख्या परिज्ञायते। संख्यया अनया चूलिकायाः वलितसंख्या गुण्यते। पट्टिकायाश्च भागसंख्यया लघुतमः मापः गुण्यते। अनयोः मापयोरुभयोर्योगे शून्याङ्कीं त्रुटिं यथावश्यकं संयोज्य वियोज्य वा शीशकफलकस्य स्थौल्यं परिज्ञायते। मापश्चायम् अनेकवारं क्रियते समस्तानां फलानां संयोजनात् च तेषां मध्यमानं उपलभ्यते।

५. कस्यचिद् गोलतलस्य वक्रतायाः त्रिज्यां मापितुं गोलत्वमापिकायाः तिस्रः टङ्काः गोलतलोपरि स्थाप्यन्ते ततश्च मध्यावर्तिका एतावन्मात्रं घूर्ण्यते यत् तासां सूक्ष्माग्राणि तद्गोलतलं सम्यक्तया स्पृशेयुः पट्टिकाया ऊर्द्धोन्मुखस्थितस्य मापकस्य



चित्रम् १-११

च मापाः पठ्यन्ते। गोलतलस्य विभिन्नेषु स्थानेषु त्रीणि चत्वारि वा मापनानि कृत्वा तेषां मध्यमानं गृह्यते।

ततश्च यन्त्रं चतुरस्रतले स्थाप्यते चूलिकायाः सूक्ष्माग्रं च तत्तलं स्पृशेत्। चक्रपट्टिकायाः मापकस्य च मापाः पठ्यन्ते। चतुरस्रतलस्य विभिन्नेषु स्थानेषु तादृशीनि त्रीणि चत्वारि वा मापनानि गृहीत्वा तेषां मध्यमानानि उपलभ्यन्ते।

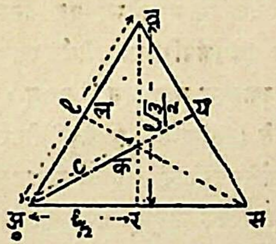
द्वयोरेतयोर् अन्तरग्रहणात् अवतलतलस्य गभीरत्वं उत्तलतलस्य च उच्छ्रितिः परिज्ञायते। यदि चेद् गभीरत्वमिदं उच्छ्रितिर्वा 'ह' (h) सेण्टीमीटरं भवेद् यन्त्रस्य च तिसृणां बाह्यटङ्कानां अन्तरस्य मध्यमानं च 'ल' (l) भवेद् तर्हि वक्रतात्रिज्या :—

$$\text{ज्या } (R) = \frac{\text{ल}^2\ (l^2)}{\text{६ ह}\ (h)} + \frac{\text{ह}\ (h)}{\text{२}}$$

इति सूत्रेण परिज्ञायते।

सूत्रञ्चेदमित्थम् उपलभ्यम्

यदि चेत् मध्यवर्त्तिन्याः 'द' इति चूलिकायाः 'अ' इति वाह्यटङ्गायाश्च मध्यवर्त्ती अन्तरः 'स' (c) इति भवेत्, तलस्य गभीरत्वं 'ह' (h) इति वक्रतायाश्च व्यासार्द्धं 'र' (R) इति भवेयुः तर्हि वृत्तस्य गुणानुसारेण $स^२ = ह (२ र - ह)$ अर्थात् $c^2 = h (2R - h)$ अथवा $र = \frac{स^२ + ह^२}{२ ह}$ अर्थात् $R = \frac{c^2 + h^2}{2 h}$ (१)



चित्रम् १-१२

यदि चेत् 'स' इत्यस्य स्थाने 'ल' इति माप्यते तर्हि समत्रिबाहुत्रिभुजस्य गुणानुसारेण स अर्थात् C = अ, क = $\frac{२}{३}$ व $र = \frac{२}{३} \times \frac{\sqrt{३} ल}{२} = \frac{ल}{\sqrt{३}}$ अर्थात् $\frac{2}{3} \times \frac{\sqrt{3}L}{2} = \frac{L}{\sqrt{3}}$

(१) इति सूत्रे 'स' अर्थात् 'C' इत्यस्य स्थाने $\frac{ल}{\sqrt{३}}$ अर्थात् $\frac{h}{\sqrt{3}}$ इत्यस्य स्थापनात्

$$'र' = \frac{ल^२}{६ ह} + \frac{ह}{२} \text{ अर्थात् } R = \frac{h^2}{6 h} + \frac{h}{2}$$

गोलत्वमापिकया चूलिकामापिकया च मापनकाले घूर्णिका एकस्यामेव दिशि परिभ्राम्या। यतः विपरीतासु दिक्षु भ्रामणेन पिच्छटा त्रुटिः (Backlash Error) संजायते। एतत्प्रयोगात् घूर्णिकायाः चूलिकाः घृष्यन्ते यतः ताः पिट्टकवलिते शिथिलायन्ते। चूर्णिकायाश्च शिरसः वैपरीत्येन भ्रामणात् घूर्णिका तत्कालमेव न अपसरति अपितु किञ्चिद् कालानन्तरं प्रत्यावर्त्तते। अतएव पिच्छटा त्रुटिः संजायते।

उदाहरणम्

गोलत्वमापकस्यैकस्य स्थिराभिः टङ्गाभिः ४ सेण्टीमीटरपरिमितिकं समत्रिबाहु-त्रिभुजं निर्मीयते। यदि चेत् गोलाकारस्यैकस्य तलस्पर्शाय मध्यचूलिका १·५०० मिलीमीटरपर्यन्तम् अधः क्रियते तर्हि दर्पणस्य वक्रतायाः व्यासार्द्धं परिज्ञातव्यम्।

$$\because R = \frac{1^2}{6 h} + \frac{h}{२} = \frac{4 \times 4}{6 \times \cdot 15} + \frac{\cdot 15}{२} \text{ से० मी०}$$

अर्थात् $\because$ $र = \frac{ल^2}{६ ह} + \frac{ह}{२} = \frac{४ \times ४}{६ \times ·१५} + \frac{१५}{२}$ से० मी०

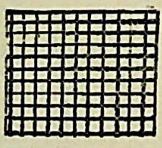
$= \frac{१६}{·९} + ·०७५$ से० मी०

$= १७·७७७ + ·०७५$ से० मी०

$= १७·८५२$ से० मी०

११—क्षेत्रफलस्य मात्रकाणि

क्षेत्रफलस्य मात्रकाणि दैर्घ्यस्य मात्रकेभ्य एव निस्सृतानि। आँग्लपद्धत्यां गजम् इति दैर्घ्यस्य मात्रकम्। अत एकगजपरिमितं दीर्घं एकगजपरिमितं विस्तृतं च तलं अर्थात् एकवर्गगजं तलं क्षेत्रफलस्य मात्रकमिति मतम्। किन्तु, प्रायशः एकवर्गफुटमेव क्षेत्रफलस्य मात्रकमिति मन्यते। इत्थमेव एकसेण्टीमीटरपरिमितं दीर्घं एकसेण्टीमीटर-विस्तृतं च तलं अर्थात् एकवर्गसेण्टीमीटरं तलं मीटरपद्धत्यां क्षेत्रफलस्य मात्रकं मन्यते। यदि चेत् एकसेण्टीमीटरवर्गस्य प्रत्येकं बाहुम् दशसु तुल्यभागेषु विभज्य लघुवर्गाः क्रियन्ते तर्हि एकवर्गमिलीमीटरस्य १० × १० = १०० वर्गाः भविष्यन्ति।



चित्रम् १-१३

इत्थं साध्यते यत्।

१ वर्गसेण्टीमीटरम् = १० × १० = १०० वर्गमिलीमीटराणि।

१ वर्गडेसीमीटरम् = १० × १० = १०० वर्गसेण्टीमीटराणि।

१ वर्गमीटरम् = १० × १० = १०० वर्गडेसीमीटराणि।

१ वर्गडेकामीटरम् = १० × १० = १०० वर्गमीटराणि।

१ वर्गहेक्टोमीटरम् = १० × १० = १०० वर्गडेकामीटराणि।

१ वर्गकिलोमीटरम् = १० × १० = १०० वर्गहेक्टोमीटराणि।

आँग्लपद्धत्यां तु :—

१ वर्गफुटम् = १२ × १२ = १४४ वर्गइञ्चानि।

१ वर्गगजम् = ३ × ३ = ९ वर्गफिटानि।

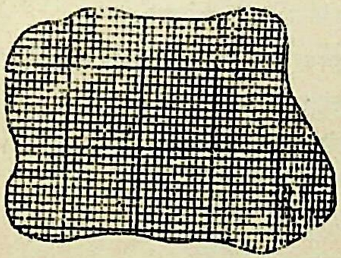
१२. क्षेत्रफलस्य मापनरीतयः

यदि चेत् प्रदत्तं तलं नियमिताकारकं भवेत् तर्हि तस्य बाहून् परिमाप्य गणनाकरणेन क्षेत्रफलम् उपलभ्यते। तदर्थं निम्नाङ्कितानि सूत्राणि निर्धारितानि त्रिभुजस्य

क्षेत्रफलम् = $\frac{१}{२}$ (आधारः × उच्छ्रितिः)

आयतस्य क्षेत्रफलम् = दैर्घ्यम् × विस्तृतिः।
वर्गस्य ,, = बाहु^{२}
वृत्तस्य ,, = π × त्रिज्या
गोलस्य ,, = ४ π × त्रिज्या^{२}
वेलनदण्डस्य वक्रतलम् = २ π × त्रिज्या × उच्छ्रितिः

यदि चेत् किञ्चित् तलं निश्चिताकारकं न भवेत् अपितु वक्राद्याकार-सम्पन्नं भवेत् तर्हि तस्य क्षेत्रफलं वर्गाङ्कितेन पत्रेण ज्ञायते। तलस्य मण्डले यावन्तः वर्गाः विद्यन्ते तेषां गणना क्रियते। ये वर्गाः अर्द्धादधिकाः भवन्ति ते पूर्णा इति मन्यन्ते अर्धादूनाश्च त्यज्यन्ते।

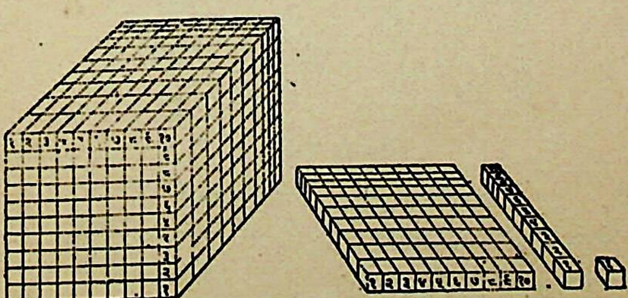


चित्रम् १-१४

वर्गपत्रद्वारा नियताकारकाणां वस्तूनां क्षेत्रफलोपलब्ध्यर्थं सूत्राणां सत्यापनमपि कर्तुं शक्यम्। कल्प्यं यत् आयताकारकतलीयसूत्रस्य सत्यापनं कर्त्तव्यम्। अतो वर्गपत्रे विभिन्नदैर्घ्यविस्तृतिसम्पन्नानि त्रीणि चित्राणि निर्मीयन्ते। प्रथमं पृथग्-पृथग् तेषां दैर्घ्यं विस्तारं च परिमाप्य परस्परं तयोः संगुणनं च कृत्वा क्षेत्रफलं ज्ञातव्यम्। तदनु क्षुद्र-वर्गाणां परिगणनं कृत्वा क्षेत्रफलं ज्ञातव्यम्। उभयथा समानं फलम् उपलप्स्यते।

१३. आयतनस्य मात्रकाणि :—

केनचिद् वस्तुना नभसि यावत् स्थानम् आवृतं भवति अथवा यावन्मात्रं तस्याकारो



चित्रम् १·१५

भवति स एव वस्तुन आयतनम् (Volume) इत्यभिधीयते। आयतने वस्तुनः दैर्घ्यं विस्तारम् उच्छ्रितिश्च सम्मिलिताः भवन्ति। आयतनस्यापि मात्रकाणि दैर्घ्यस्यैव मात्रकेभ्यः विनिस्सृतानि। मीटरपद्धत्यां यस्य पिण्डस्य प्रत्येको बाहुः एकसेण्टीमीटरपरिमितो भवेत् आयतनाकारको तत्पिण्ड आयतनं भवति। अर्थात् एकघनसेण्टीमीटरपरिमाणम् आयतनस्य मात्रकमिति मन्यते। यदि चेद् एकघनसेण्टीमीटरपरिमितं पिण्डम् आदाय तस्य दैर्घ्यं विस्तृतिम् उच्छ्रितिं च समरूपेण दशधा विभज्य एकमिलीमीटरपरिमिताः क्षुद्रघनाः क्रियन्ते तर्हि तेषां संख्या १०×१०×१० = १.००० भवति।

अतो १०×१०×१० =१०० घनमिलीमीटराणि=१ घनसेण्टीमीटरम्

१००० घनसेण्टीमीटराणि=१ घनडेसीमीटरम्=१ लीटरम् वा।

१००० डेसीमीटराणि =१ घनमीटरम्

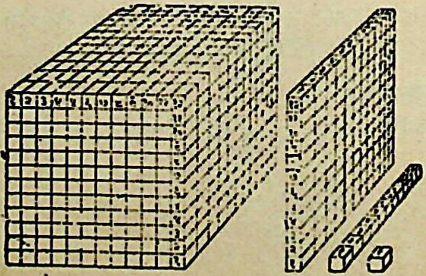
इत्थमेव अन्यानि मात्रकाणि लिखितुं शक्यानि। आँग्लपद्धत्यां आयतनं दैर्घ्ये, विस्तार उच्छ्रित्यां च एकफुटपरिमितं भवति। अर्थात् १ घनफुटपरिमाणं आयतनस्य मात्रकं मन्यते। अधोलिखितेन प्रकारेण तेषां सम्बन्धो भवति।

१२×१२×१२=१७२८ घनेञ्चानि=१ घनफुटम्

३×३×३=२७ घनफुटानि=१ घनगजम्।

१४. आयतनस्य मापनरीतयः

यदि चेद् पिण्डः केनचिद् नियताकारेण सम्पन्नो भवेत् तर्हि तस्य आयतनं क्षेत्रफलवत् रेखागणितसूत्रेण उपलभ्यते। तत्सम्बन्धीनि कतिपयानि सूत्राणि निम्नाङ्कितानि:



चित्रम् १-१६

एकस्मिन् घनफुटे घनेञ्चानां संख्या

आयताकारपिण्डस्य आयतनम्=दैर्घ्यं × विस्तारः × उच्छ्रितिः

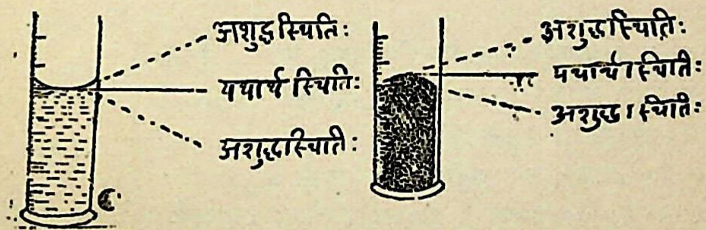
घनस्य आयतनम्=$(\text{भुजा})^3$

वलयदण्डकस्य आयतनम्=π $(\text{त्रिज्या})^2$ × उच्छ्रितिः

गोलस्यआय तनम्=$\frac{4}{3}\pi$ $(\text{त्रिज्या})^3$

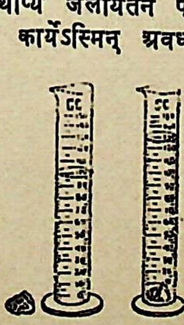
यदि चेत् पिण्डः केनचिद् नियताकारेण सम्पन्नो न भवेत् तर्हि तस्य आयतनं मापितुं मापनपात्रकं (Graduated Cylenders) ब्यूरिटम् (Burette) वा प्रयुज्यते । जलस्य स्थानान्तरणरीत्या च पिण्डायतनम् उपलभ्यते ।

मापनपात्रकम्—१·१७ चित्रे मापनपात्रकं प्रदर्शितम् इदमेकं शीशकमयं वलयाकारकं पात्रं भवति यस्मिन् अधस्तलात् ऊर्ध्वभागे घनसेण्टीमीटरस्य चिह्नानि अङ्कितानि भवन्ति । अस्य चिह्नयोर्द्वयोर्मध्ये न्यूनतमं एकघनसेण्टीमीटरस्य आयतनं भवति । इमानि वृहल्लघ्वाकारसम्पन्नानि पात्राणि २५ घनसेण्टीमीटरादारभ्य १००० घनसेण्टीमीटरपर्यन्तेन आयतनेन संयुक्तानि भवन्ति । यदा अनेन कस्यचिद् ईदृशस्य द्रवस्य आयतनं मात्यते येन तस्य तलम् आर्द्रीक्रियते तर्हि चक्षुषी अवतलतलस्य (Concave) निम्नतमबिन्दोः स्पर्शरेखायां स्थाप्येते । (चित्रम् १.१७ अ) । यदातु पारदस्य आयतनं माप्यं तर्हि चक्षुषी उत्तलतलस्य (Convex) ऊर्ध्वतमस्य विन्दोः स्पर्शरेखायां स्थाप्येते (चित्रम् १.१७ब)



चित्रम् १.१७

यदा कस्यचिद् बृहद्पिण्डस्य आयतनं ज्ञातव्यं भवेत् तर्हि ईदृशं मापनपात्रकं गृह्यते यस्याभ्यन्तरे पिण्डः प्रवेशनीयो भवति । मापनपात्रके जलं निक्षिप्य जलस्य अवतलतलस्य निम्नतमविन्दोः सम्मुखे नेत्रे संस्थाप्य जलायतनं पठ्यते (चित्रम् १.१७ अ) । तदनु सूत्रवद्धः पिण्डः जले निमज्ज्यते । कार्येऽस्मिन् अवधानीयं यत् पिण्डः शनैश्शनैः जले

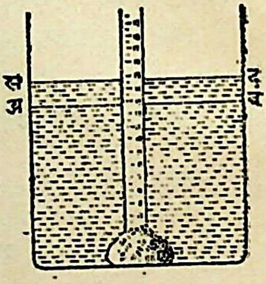


चित्रम् १.१८

निक्षेप्यः । येन जलं मापनपात्रकस्य भित्त्यां उत्क्षिप्तं न भवेत् । यदा पिण्डः पूर्णरूपेण जले निमज्जति तदा जलस्य अवतलतलं दृष्ट्वा जलायतनं परिज्ञायते । द्वितीयातनात् प्रथमायतनस्य ऊनीकरणात् पिण्डस्य आयतनं विज्ञायते । यदि चेत् पिण्डः कश्चिद् द्रावकमयः पदार्थः कार्कनामकः पदार्थो वा भवेत् तर्हि कयाचिद् दीर्घसूचिकयाः तं जले निमज्ज्य

आयतनं लक्ष्यते। निमज्जकनामकेन (Sinker) केनचिद् धातुखण्डेन सह आबद्धच कार्क जले निमज्ज्यते। प्रथमं केवलं निमज्जकस्य आयतनं ज्ञायते तदनु कार्कनिमज्जकयोरुभयोर् आयतनं उपलभ्यते। कार्कनिमज्जकयोरुभयोर् आयतनात् निमज्जकमात्रस्य आयतनम् ऊनीकृत्य कार्कस्य आयतनम् उपलभ्यते।

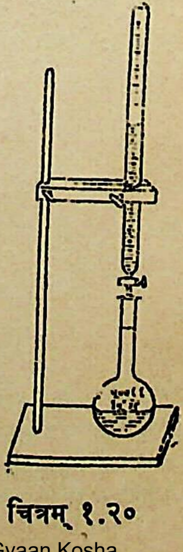
बृहद्पाषाणखण्डादीनां समधिकायतनवतां वस्तूनाम् आयतनमापनार्थं ईदृशस्य कुण्डस्यैकस्य प्रयोगः क्रियते यस्य दैर्घ्यविस्तारौ विदितौ तथाच यत्रोर्ध्वोन्मुखीनैका मापकपट्टिका स्थिता भवति। वस्तुनः निमज्जनात्पूर्वं कुण्डः पर्याप्तेन जलेन पूरणीयः। जलतलस्य मापश्च मापनपट्टिकायां पठनीयः। तदनु तद्वस्तु कुण्डे निधातव्यम् (चत्रम् १.१९) यदाच जलतलं स्थिरायते तदा पुनरपि मापनपट्टिकायां जलतलस्य मापः पठनीयः। मापयोरुभयोरन्तरेण कुण्डस्य दैर्घ्यविस्तारौ गुण्यौ। एतावता वस्तुन आयतनम् उपलभ्यते।



चित्र १.१९

यदि चेद् शीशकगुटिकावत् आलपीनादिवत् वा पिण्डः अतिलघुः स्यात् तर्हि तस्यायतनं ब्यूरिटस्य साहाय्येन उपलभ्यते। एकसेण्टीमीटरपरिमितव्याससम्पन्ना दीर्घशीशकनलिका ब्यूरिटाभिधानं लभते। तत्र २५ घन से०मी० ५०घन से०मी० वा परिमितः द्रवप्रदार्थः पूर्यते। उपकरणेऽस्मिन् १०घन से० मी० यावत् चिह्नानि वर्तन्ते। काष्ठाधारे ब्यूरिटमिदम् ऊर्ध्वाधररूपेण संस्थाप्यते चित्रम् १.२०। अस्य अधःशिरसि निर्गमनिकैका संलग्ना भवति ताम् अपावृत्य द्रवः वहिः निस्सार्यते। उपकरणेऽस्मिन् ऊर्ध्वतोऽधोभागे चिह्नानि अङ्कितानि भवन्ति।

शीशकगुटिकानां कस्यचिद् लघुघनपिण्डस्य वा आयतनं परिज्ञातुं ब्यूरिटे किंचिद् जलम् आदाय उदकस्य अवतलतलं लक्ष्यते। तदनु तस्मिन् शनैश्शनैः घनपिण्डः निक्षिप्यते। यदि चेद् गुटिकानां आयतनम् उपलभ्यं तर्हि परिगणिताः दश विंशतिर्वा गुटिकाः तस्मिन् निक्षिप्यते। घनपिण्डस्य निक्षेपणात् जलतलम् ऊर्ध्वं गच्छति। पुनश्च तस्य स्थितिः लक्ष्यते। उभयोर्मापयोरन्तरकरणात् घनपिण्डस्य आयतनम् उपलभ्यते। यदि चेद दश विंशतिर्वा गुटिकाः गृहीताः तर्हि तासां संख्यया पूर्णायतनस्य विभजनात् एकस्याः गुटिकायाः आयतनं विज्ञायते।


चित्रम् १.२०

यदि चेद् घनपिण्डः ब्यूरिटापेक्षया वृहत्तरो भवेत् मापिकापात्रिकायाञ्च अत्यल्पं जलं समाविशेत् तर्हि आयतनमापनार्थं चित्रे १-२१ प्रदर्शितपात्रवत् निर्गमनिकायुक्तं पात्रं ग्राह्यम् । तत्र तावन्मात्रं जलं निधातव्यं येन अधिकं जलं निर्गमनिकातः बहिः निस्सरेत् । यदातु जलनिस्सरणं अवसीयते तदा निर्गमनिकाया अधोभागे बीकर-नामिका पात्रिका संस्थाप्या । घनपिण्डश्च शनैः शनैः जले अधिसार्यः । घनपिण्डेन स्थानान्तरितः द्रवः बीकरे सन्निहितो भवति । ततः जलसहितं बीकरं तोलनीयम् । द्वितीयात् मापात् प्रथमः माप ऊनीकरणीयः जलस्य भागो यावद् ग्रामपरिमितो भवति तावद्घनसेण्टीमोटरमेव तत्-पदार्थस्य आयतनं भवति । जलस्य आयतनं मापपात्रिकया ब्यूरिटेन वा माप्यं भवति ।

मापपात्रिकायां ब्यूरिटे वा जलतलस्य मापनकाले चक्षुः सदैव अवतल-तलस्य निम्नतमबिन्दोः स्पर्शरेखायां संस्थाप्यम् ।

यदि चेद् १०,२० अथवा २५ घन से० मी० इति परमितं जलं ग्राह्यं तर्हि तदर्थं तावत्परिमाणकं पिपेटं (Pippete) इति नामकोपकरणं प्रयुज्यते । पिपेटं शीशकनलिकया विनिर्मितं भवति । तस्याधः शिरः सूक्ष्मं भवति मध्ये च कण्डिका (Bulb) वर्तते (चित्रम् १.२२)। तत्र कस्यचिद् निश्चितायतनस्य अनन्तरं चिह्नमेकं वर्त्तते पिपेटस्य च काण्डिकायाम् आयतनं लिखितं वर्तते । मुखेन पिपेटस्य वायोराकर्षणात् तस्मिन् जलम् उदगच्छति । यदा जलं पिपेटस्य चिह्नपर्यन्तं उद्गच्छति तदा तस्य आयतनं पिपेटाङ्कितेन आयतनेन तुल्यं भवति । तज्जलंतु कस्मिंश्चिदपि पात्रे निधातव्यम् ।

प्रश्नाः

१. मीटरपद्धत्याम् आँग्लपद्धत्यां च दैर्घ्यस्य कानि मात्रकाणि ? अन्यमात्रकैः सह तेषां कः सम्बन्धः ? वैज्ञानिककार्याय कास्विद् पद्धतिः अधिकोपयोगिनी कथञ्च ?

२. मापनपट्टिकया दैर्घ्यमापनकाले के विषया ध्यानार्हा ?

३. आभ्यन्तरिकं बाह्यञ्च कैलीपर्से के ? कस्मिन् कार्यें तयोरुपयोगः ?

४. π इति चिह्नं किम् ? काभी रीतिभिः तस्य मानं उपलभ्यम् ।

५. वर्नियरोपकरणं किम् ? कश्चास्य सिद्धान्तः ?

६. वर्नियरकैलिपर्सेन कस्यचिद् वलयदण्डस्य व्यासः कथं माप्यते ? धनात्मिका ऋणात्मिका च शून्याङ्की त्रुटिः कथमुपलभ्यते ?

७. यदि चेद् मुख्यमापिकायां एकसेण्टीमीटरस्य दशभागाः भवेयुः तस्याश्च नवभागाः वर्नियरस्य दशभिर्भागैः तुल्याः स्युः तर्हि वर्नियरस्य अल्पतमाङ्कः कः ?

८. यदि चेत् उपरिलिखिते प्रश्ने वर्नियरे शून्याङ्कीत्रुट्याः सत्त्वात् वर्नियरस्य शून्यचिह्नं मुख्यमापिकाया शून्यचिह्नतः—

(अ) एतावन्मात्रं दक्षिणभागे स्थितं भवेत् येन तस्य सप्तमं चिह्नं मुख्यमापिकायाः चिह्नाभिमुखं भवेत् ।

(ब) वामभागे तावन्मात्रं स्थितं भवेत् येन तस्य सप्तमं चिह्नं मुख्यमापिकायाः चिह्नाभिमुखं भवेत् ।

तर्हि शून्याङ्की त्रुटिः का भविष्यति ? सा योजनीया ऊनीकरणीया वा ?

उ० (अ) ·°से० मी० इति । तत्र धनात्मिका त्रुटिर्भविष्यति ? सा च प्रेक्षणेभ्यः ऊनीकरणीया ।

(ब) ·०३ से०मी० इति । तत्र ऋणात्मिका त्रुटिः भविष्यति सा च प्रेक्षणेषु योक्तव्या ।

९. यदि चेत् मुख्यमापिकाया एक सेण्टीमीटरे दशभागाः स्युः तस्याश्च १९ भागाः वर्नियरस्य २० भागैः तुल्या स्युः तर्हि वर्नियरस्य अल्पतमाङ्कः कः भविष्यति ? अष्टमप्रश्ने च प्रदत्तयोः (अ) तथा (ब) इति भागयोः प्रश्नयोः शून्याङ्कीत्रुट्याः मानं किं भविष्यति ?

[उ०—वर्नियराल्पतमाङ्क=·००५ से० मी०

(अ) ·०३५ से० मी० इति परिमिताः धनात्मिका त्रुटिः भविष्यति सा च प्रेक्षणेभ्य ऊनीकरणीया भविष्यति ।

(ब) ·०६५ से० मी० इति परिमित्याः ऋणात्मिका त्रुटिः भविष्यति सा च प्रेक्षणेषु योक्तव्या ।]

१०. चूलिकामापिकायाः वर्णनं करणीयम् तया कस्यचिद् लोहतन्तुनः व्यासस्य मापन-रीतिः व्याख्येया । शून्याङ्कीत्रुट्याः मापः कथं क्रियते ? कस्याम् अवस्थायां सा धनात्मिका कस्याञ्च ऋणात्मिका भवति ।

११. वर्तुलमापकः वर्णनीयः । तस्य साहाय्येन कस्यचिद् गोलतलस्य वक्रतात्रिज्या कथम् उपलभ्यते । तत्र प्रयोज्यं सूत्रं साधनीयम् ।

१२. यदि चेद् वर्तुलमापकस्य स्थिरटंगानां मध्ये ४ सेन्टीमीटरपरिमितम् अन्तरालं भवेत् अवतलतलस्य गम्भीरत्वं च २ सेण्मीटरपरिमितं भवेत् तर्हि अवतलतलस्य वक्रतात्रिज्या उपलभ्या ।

[उ० १३·४३ से० मी०]

१३. यदि वर्तुलमापकस्य स्थिरटंगानां मध्ये ३ से०मीटरपरिमितम् अन्तरालं भवेत् उत्तलतलस्य उच्छ्रितिश्च १ मिलीमीटरपरिमिता भवेत् तर्हि उत्तलतलस्य वक्रता-त्रिज्या उपलभ्या ।

[उ० १५·०५ से० मी०]

१४ तलानां क्षेत्रफलं कथम् उपलभ्यते ? त्रिभुजस्य, समान्तरचतुर्भुजस्य वृत्तस्य च क्षेत्रफलस्य कानि सूत्राणि ? तेषां सत्यापनं कथं करणीयम् ?

१५ चक्रस्यैकस्य व्यासश्चेत् २८ सेण्टीमीटरपरिमितः तर्हि तस्य परिधेः दैर्ध्यं किं भविष्यति ?

(π = २२।७) [उ० ८८ से० मी०]

१६. वृत्ताकारस्यैकस्य क्षेत्रस्य चसृषु दिक्षु एकमीटरविस्तृतः मार्गः वर्तते। यदि चेद् क्षेत्रस्य व्यासः ४८ मीटरपरिमितः तर्हि मार्गस्य क्षेत्रफलं ज्ञातव्यम् ?

[उ० १५४ वर्गमीटरम्]

१७. अर्द्धगोलाकारस्यैकस्य कलशस्य व्यासश्चेद् १४ मीटरपरिमितः तर्हि तस्यावरणार्थं कियन्मात्रं वस्त्रम् अपेक्षितम् स्यात् ? [उ० २६६ वर्गसेण्टीमीटरपरिमितम्]

१८. एकस्य घनवलयदण्डस्य व्यासः ६ सेण्टीमीटरपरिमितः उच्छ्रितिश्च १० सेण्टीमीटरपरिमिता तर्हि तस्य सम्पूर्णं तलं ज्ञातव्यम् [उ० २९७ वर्गसेन्टीमीटरपरिमितम्] वलयदण्डस्य सम्पूर्णं तलम्=वक्रतलस्य क्षेत्रफलम् + उभयोर्वृत्ताकारयोस्तलयोः क्षेत्रफलम्।

१९. मापनपात्रिकया ब्यूरिटेन च कस्यचिद् घनपदार्थस्य आयतनं कथम् उपलभ्यते ? उभयोः रीती पृथक्-पृथक् वर्णनीये। तत्सम्बन्धिनि प्रयोगे किमवधानं कर्त्तव्यम् ?

२० यदि चेद् अनियमिताकारक एको घनपिण्डः ब्यूरिटापेक्षया वृहद् मापनपात्रिकायां च जलतलम् अत्यल्पम् उद्गच्छति तर्हि तस्य आयतनं कथम् उपलभ्यम् ?

द्वितीयोऽध्यायः

स्थितिविज्ञानं गतिविज्ञानञ्च

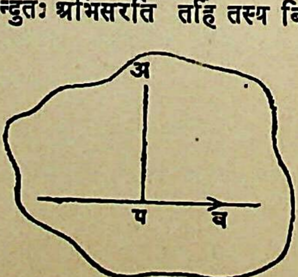
गणितविज्ञानस्य शाखायां यस्यां स्थिरवस्तुषु कार्यकर्तॄणां बलानाम् अध्ययनं क्रियते सा स्थितिविज्ञानमिति नाम्ना अभिधीयते। गत्वरेषु च कार्यशीलानां बलानाम् अध्ययनं यस्यां गणितविज्ञानशाखायां क्रियते सा तु **गतिविज्ञानमिति** अभिधानं लभते।

(१) कस्यचिद् वस्तुनः विरामावस्था, समरूपा (uniform), गत्यवस्था वा येन बाह्यकारणेन परिवर्त्यते परिवर्त्तयितुं वा प्रयत्नः क्रियते तद् बलम् (Force) इति कथ्यते। कल्प्यं यद् कश्चिद् गुरुपदार्थः पृथिव्यां स्थितः त्वया च तदुत्थापनार्थं प्रयत्नः क्रियते तर्हि त्वया तत्र बलं प्रयुज्यते। यदि चेद् त्वदीयं बलं भुवः बलादधिकं भवेत् तर्हि त्वया पदार्थ उत्थाप्यते किन्तु यदि चेद् त्वदीयं बलं पृथिव्याः बलान् न्यूनं भवेत् तर्हि तद्वस्तु तत्रैव तिष्ठति त्वदीयं बलं च अकिञ्चित्करं भवति।

(२) बलस्य आघूर्णनम् (Movement cf a force) **कस्यचिद् अक्षस्य चतुर्दिक्षु कस्यचिद् बलस्य भ्रमणप्रयोजकः प्रभाव आघूर्णनमिति संज्ञां लभते। कस्यचिद् बलस्य आघूर्णनम् तद्बलेन अक्षात् बलक्रियारेखापर्यन्तलम्बरूपान्तरालस्य गुणनफलेन तुल्यं भवति।**

कल्प्यं यद् कश्चिद अक्षः 'अ' इति विन्दुतः अभिसरति तर्हि तस्य अक्षस्य चतुर्दिक्षु कस्यचिद् 'ब' इति बलस्य आघूर्णनम् ब × 'अ प' इत्यस्य तुल्यं भविष्यति। यत्र 'अ प' इति अ इति विन्दुतः 'ब' इत्यस्य क्रियारेखायाः लम्बरूपान्तरालम् अस्ति। यदि चेद् कस्यचिद् बलस्य क्रियारेखा कुतश्चिद् विन्दुतः अभिसरति तर्हि तस्य बिन्दोः चतुर्दिक्षु,

चित्रम् २.१

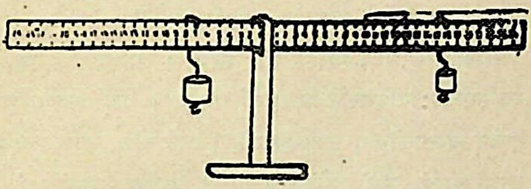


तस्य बलस्य आघूर्णनम् शून्यं भवति।

२ **आघूर्णनसिद्धान्तः** (Principle ef Movement)

आघूर्णनसिद्धान्तम् अवगन्तुं एकेदृशी मीटरमापिका ग्राह्या यस्याः मध्ये शून्यचिह्नं

स्यात् शून्यस्य चोभयतः सेण्टीमीटरस्य चिह्नानि स्युः ।



चित्रम् २.२

मापिकामध्ये छिद्रमेकं कृत्वा तत्रैकं सूक्ष्मकीलकं निवेशनीयम् । कीलकं च एकस्मिन् आधारे संस्थाप्यं दण्डश्च क्षैतिजः कार्यः । ततः मापिकायाः भुजयोर्द्वयोः तुल्यौ विभिन्नसंहतिकौ वा मापकौ सूत्रसाहाय्येन प्रलम्बनीयौ । मापनिकायां तयोः स्थिती तथा समञ्जनीये यथा मापनिका क्षैतिजा भवेत् । विभिन्नसंहतिकाः मापकाः प्रलम्ब्य अन्यूनं वारत्रयं प्रयोगाः करणीयाः परिणामाश्चेत्थं लेखनीयाः :—

	वामपार्श्वे			दक्षिणपार्श्वे		
क्रमसंख्या	मापकस्य संहति	केन्द्रतः मापकस्य अन्तरालम्	मापकस्य संहत्या अन्तरालस्य गुणनफलम्	मापकस्य संहतिः	केन्द्रतः मापकस्य अन्तरालम्	मापकस्य संहत्या अन्तरालस्य गुणनफलम्
१						
२						
३						

यदि चेद् प्रयोगः अवधानपूर्वकं क्रियते तर्हि आलम्बस्य दक्षिणपार्श्वस्थेन भारेण आलम्बात् तस्य अन्तरालस्य गुणनफलं वामपार्श्वस्थेन भारेण आलम्बात् तस्य अन्तरालस्य गुणनफलेन तुल्यं भविष्यति । अयमेव सिद्धान्त आघूर्णनसिद्धान्त इत्यभिधीयते ।

३. जडत्वम् प्रतिक्रिया च (Inertia and Reaction)

(१) **जडत्वनियम** :—यदि चेद् कश्चिद् पदार्थः स्थावरः जङ्गमो वा तर्हि स स्थिर एव तिष्ठति एकस्यामेव दिशि वा एकेनैव वेगेन तावत् गतिं करोति यावत् तदुपरि किञ्चिद् बाह्यबलं न प्रयुज्यते ।

(२) प्रतिक्रियाया: नियम: :—

प्रत्येकस्या: क्रियाया: विरोधे तत्तुल्या प्रतिक्रिया (Reaction) भवति ।

जडत्वस्य नियम :—नियमस्यास्य द्वौ भागौ । प्रथमेन भागेन सूच्यते यद् जडः पदार्थः स्वयमेव स्वस्थित्याः परिवर्त्तने असमर्थो भवति । यद् वस्तु यस्मिन् स्थाने स्थितं तत्तत्रैव तिष्ठति यावद् बलप्रयोगेण तन्नापसार्यते । यदि चेद् किञ्चिद् वस्तु गत्वरम् भवति तर्हि तद्वेगेनैव ऋजुरेखायां गमनं करिष्यति यावद् किञ्चिद् बाह्यं बलं तस्य अवस्थायाम् परिवर्त्तनं न करोति । नियमश्चायं जडत्वनियम इत्यभिधीयते । एतदनुसारेण जडपदार्थेषु स्वयमेव तादृशी काचिद् प्रवृत्तिर्न जायते यया तैः स्वकीयायां चलावस्थायाम् अचलायां वा किंचिद् परिवर्त्तनं कर्तुं शक्यते । ईदृक्परिवर्त्तनं कर्त्तुं बलस्यावश्यकता भवति । तथ्यस्यास्य याथार्थ्यं प्रयोगेण न साधनीयम् यतोऽस्माभिः किञ्चिद् वस्तु तत्र सन्निविष्टाद् बलाद् कदापि पूर्णतया पृथक्कर्तुं न शक्यते । भुवि स्थितं वस्तु आघातेन किञ्चिद् दूरं गत्वा सन्तिष्ठति यतः तदुपरि घर्षणबलं कार्यं करोति । यदि चेद् घर्षणम् ऊनीक्रियते अर्थात् यदि चेद् कश्चिद् शीशककन्दुकः हिमोपरि चाल्यते तर्हि सोऽधिकं दूरं गत्वा संस्थितिं प्राप्स्यति । इत्थं तर्केण अवबोद्धुं शक्यते यत् वस्तुनोरुभयोर्मध्ये यदि घर्षणस्य सर्वथाभावो भवेत् तर्हि गत्वरं वस्तु अवश्यमेव सदैव गतिं कुर्यात् ।

नियमस्यास्य द्वितीयेन भागेन वयं बलस्य परिभाषां विद्मः । अर्थात् तेन ज्ञायते यत् बलस्य किं कार्यम् ? बलं कस्यचिद् वस्तुनः स्थिराम् अवस्थां परिवर्त्तयति परिवर्त्तयितुं वा प्रयत्नं करोति । यदि चेद् केनचिद् पुरुषेण कुड्ये आघातः क्रियते तर्हि तेन तत्र बलं प्रयुज्यते यद्यपि प्रत्यक्षे तत्र तस्य कोऽपि प्रभावो नहि लक्ष्यते । अतएव सम्भवेच्चेदं यत् बलेन कस्यचिद् वस्तुनः स्थिरावस्थां परिवर्त्तयितुं प्रयत्ने कृतेऽपि तत्र साफल्यावाप्तिर्न नियता । इत्थमेव बलं कस्यचिद् वस्तुनः समानगतिकाम् अवस्थां परिवर्त्तयति परिवर्त्तयितुं वा प्रयत्नं करोति । नियमेऽस्मिन् तथ्यञ्चेदं सन्निहितं यत् कस्यचिद् वस्तुनः अवस्थापरिवर्त्तनम् कर्तुं वस्तुनि प्रयुज्यमानं बलं बाह्यतः प्रयोज्यम् ।

जडस्य द्वैविध्यं सम्भाव्यते । (१) स्थितिविषयकं जडत्वम्; (२) गतिविषयकं जडत्वम् च ।

स्थितिविषयकं जडत्वम् (Inertia of Rest)—अस्यार्थो यत् स्थितं वस्तु स्थानमेव अपेक्षते ।

यदि चेद् मोटरयाने आसीनः कश्चिद् पुरुषः वेगेन गमनं प्रारभते तर्हि पुरुषस्य शिर: पश्चभागे विनमति । कारणञ्चास्य यद् तस्य शिरसोऽधोभागः यानेन सहैव गतिमान् भवति किन्तु ऊर्ध्वभाग : स्थितिदशां अपेक्षते अतः स पश्चभागे एव तिष्ठति । यदि चेद् गवाक्षशीशके भुशुण्डिकागुलिकायाः प्रहारः क्रियते तर्हि तस्मिन् तत्कालमेव गोलाकारं छिद्रं संजायते । किन्तु मन्दाघातेन शीशकं चिटकायते । कारणञ्चास्य यद् यत्र गुलिकाप्रहारः भवति तत्रस्थे शीशके तीव्रा गतिः प्रादुर्भवति किन्तु अवशिष्टं शीशकं

जडत्वात् स्थैर्यमेव भजति । धूलिका-निस्सारणार्थं यदा काष्ठेन कोटनामकं परिधानं ताड्यते तदा काष्ठेन अकस्मात् परिधाने गतिः उत्पाद्यते किन्तु जडत्वात् रजः स्थैर्यं भजन्ति अतः परिधानात् रजकणाः पृथग् भवन्ति ।

गत्याः जडत्त्वम्–यदा गतिशीलं वाष्पयानम् अवरुद्धयते तर्हि यात्रीणां शिरांसि अग्रे विनमन्ति । यदि चेद् वेगेन् गच्छन्त्याः द्विचक्रिकायाः पुरश्चक्रिकावरोधिनी आकृष्यते तर्हि द्विचक्रिका निष्पतति । शनैश्शनैःगच्छतः वाष्पयानात् अवरोहणकालेऽवरोहणानन्तरं सदैव यानगमनस्य दिशि किञ्चिद्दूरं गन्तव्यम् अन्यथा पतनादस्थिभङ्गादीनि भविष्यन्तीति सम्भाव्यते ।

यदि चेद् गच्छतः वाष्पयानस्य प्रकोष्ठके कश्चिद् कन्दुक ऊर्ध्वं प्रति क्षिप्यते तर्हि कन्दुकः पुनः तत्रैव प्रत्यावर्तते । जडत्वात् कन्दुकः यानेन सह सततं क्षैतिजदिशि गमनं करोति यद्यपि तस्येयं गतिरविदितप्रायैव भवति ।

प्रतिक्रियायाः नियमः[The Law of Reaction]=यदि चेद् किञ्चिद् वस्तु कस्मिंश्चिद् अन्यस्मिन् वस्तुनि स्वबलं प्रयुङ्क्ते तर्हि अन्यच्चापि वस्तु प्रथमे वस्तुनि तद्बलतुल्यमेव बलं विपरीतायां दिशि प्रयुङ्क्ते । इदं विपरीतं बलं प्रथमे वस्तुनि द्वितीयस्य वस्तुनः प्रतिक्रियेति [**Reaction**] कथ्यते ।

यदि अस्माभिः फलकेन कन्दुकः ताड्यते तर्हि कन्दुके फलकेन प्रयुङ्क्तं बलं पूर्णरूपेण तद्बलतुल्यं तद्विपरीतञ्च भवति यत् कन्दुकेन फलके प्रयुज्यते ।

यदा केनचिद् पुरुषेण चक्रिकोपरि रज्जुस्थापनं कृत्वा कूपाद् उदकम् आकृष्यते तदा रज्जुभङ्गात्-पुरुषः पश्चात् पतति । अस्य कारणमिदं यत् पुरुषेण रज्जु आकृष्यते रज्ज्वा च पुरुषः । रज्जुभङ्गे सति पुरुष आकर्षणाभावो जायतेऽतो स पतति ।

यदि चेद् अस्माभिराधारपीठिकोपरि एकं पुस्तकं निधीयते तर्हि पुस्तकं स्वभारेण आधारपीठिकां अधस्तात् सम्पीडयति आधारपीठिका च तावन्मात्रेण बलेन पुस्तकं ऊर्ध्वं प्रति उत्थापयति । यदि चेत् पुस्तकस्य भारः 'भ' इति भवेत् आधारपीठिकायाः प्रतिक्रिया च 'प' इति भवेत् तर्हि भ=प इति ।

यदा भुशुण्डिकातः गुलिका निस्सरति तर्हि अग्निचूर्णस्य विस्फोटेन गुलिकाभुशुण्डिका चोभे तुल्यबलेन विपरीतयोः दिशोः प्रक्षिप्येते । गुलिका भुशुण्डिकातः निस्सृत्य पुरो गच्छति भुशुण्डिकया च तदबलेनैव भुशुण्डिकाप्रयोक्तारं प्रति आघातः प्रयुज्यते ।

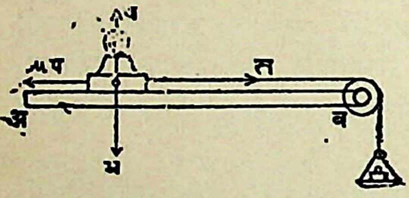


चित्रम् २.४

घर्षणम् (Friction)—'अ ब' इत्येकं काष्ठफलकम् आदाय तस्य 'ब' इति शिरो

भाग एका घूर्णिका संयोज्या । अपरञ्चैकं

आयताकारं काष्ठखण्डम् सूत्रेण आबद्ध्य सूत्रं घूर्णिकोपरि संस्थाप्यं तस्यच अपरस्मिन् शिरोभागे मापधारिकैका प्रलम्बनीया यथा २.५ इति चित्रे प्रदर्शितम् । मापमञ्जूषातः धारिकायां मापाः निधातव्याः । यत्किञ्चिन्मापारोपणाद् काष्ठस्य आयताकारखण्डः स्वस्थानं न परित्यजति । यदि चेद् सततं मापारोपणं क्रियते तर्हि अवस्थैका उपस्थास्यति यदा काष्ठखण्डः सूत्रस्य दिशि संसरणं करिष्यति ।



चित्रम् २.५

यदि चेद् गतिं कुर्वतः खण्डस्य भारः 'भ' इति ग्रामः तथा आकर्षकावतानञ्च 'त'-इति ग्रामो भवेद् तर्हि 'त / भ' इति सम्बन्धः घर्षणगुणाङ्कः इत्यभिधीयते 'म्यू' 'μ' इत्यक्षरेण च स लक्ष्यते । तुलाद्वारा 'त' इत्यस्य 'भ' इत्यस्य च माने ज्ञायेते ताभ्याञ्च घर्षणगुणाङ्कस्य गणना क्रियते ।

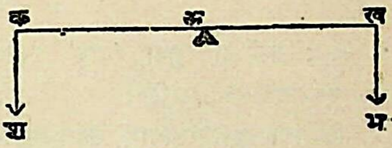
यदा द्वे वस्तुनी अन्योन्यं स्पृशतः तदा यदि तयोरेकं द्वितीयस्य तलोपरि चालयितुं प्रयत्नः क्रियते तर्हि एकप्रकारकं बलं कार्यं प्रारभते, येन तद्वस्तुचालनस्य विरोधः क्रियते । बलञ्चेदं घर्षणबलं (Force of Friction) इत्यभिधीयते । बलमिदं उभयोस्तलयो रूक्षत्वात् संजायते । यदि चेदुभे तले कथञ्चिद् श्लक्ष्णे क्रियेते तर्हि घर्षणबलं न्यूनं भविष्यति । काष्ठतलापेक्षया द्वयोः शीशकतलयोः अत्यल्पं घर्षणं भविष्यति । यतः काष्ठतलापेक्षया शीशकतलं अत्यधिकं श्लक्ष्णं भवति ।

अस्माके प्रात्यहिके जीवने घर्षणेन कार्याण्यनेकानि सम्पाद्यन्ते । घर्षणेन वयं धरापृष्ठे चलितुं शक्नुमः । हिमोपरि गमनम् सुदुष्करं भवति यतः तत्र अत्यल्पं घर्षणं भवति । यदि चेद् घर्षणाभावो भवेद् तर्हि कीलकानि चूलिकाश्च काष्ठग्रहणेऽक्षमाः भवेयुः । घर्षणेन रज्जुतन्तूनि परस्पराश्लिष्टानि भवन्ति रज्जुश्च न त्रुट्यति । यदि चेद् घर्षणं समाप्यते तर्हि तन्तूनि विश्लिष्टानि भविष्यन्ति अल्पेनैव च आकम्पनेन रज्जुभङ्गो भविष्यति । घर्षणम् विना यन्त्रम् यानाकर्षणे अक्षमम् भविष्यति ।

५. उत्तोलकम्—

इयमेकासरला वक्रा वा शलाका भवति या आलम्बनामकस्यैकस्य विन्दोः परितः भ्रमितुं शक्नोति । अस्याम् आरोप्यमाणं बलं 'श' इति शक्तिर् अपसार्यमाणोऽवरोधश्च 'भ' इति भारोऽभिधीयेते भारस्य शक्त्याश्च 'भ/श' इति संबंध उत्तोलकस्य यान्त्रिकः लाभ इत्यभिधीयते आलम्बाच्च शक्त्याः भारस्य च क्रियारेखयोरन्तराले उत्तोलकस्य बाहू इत्यभिधीयेते । शक्त्याः आलम्बस्य भारस्य च स्थित्यनुसारेण उत्तोलकः वर्गत्रये विभक्तो भवति ।

प्रथमः वर्गः—एतद्वर्गीय उत्तोलके आलम्बो मध्यवर्त्ती भवति। तस्य एकस्यां दिशि शक्तिरारोप्यते तद्विपरीतायाञ्च भारो निर्धीयते, यथा च २.६ इति चित्रे प्रदर्शितम्। यत्र उत्तोलकः 'श' इत्यस्य 'भ' इत्यस्य च हेतोः सन्तुलनं स्थितम्। अतः 'अ' इत्यस्य चतुर्दिक्षु 'श' इत्यस्य आघूर्णनम्='अ' इत्यस्य चतुर्दिक्षु 'भ' इत्यस्य आघूर्णनम्।

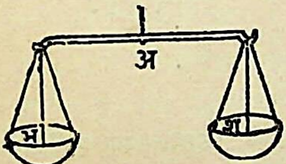


चित्रम् २.६

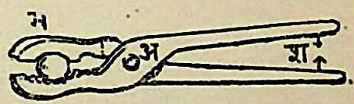
अथवा—श × अक=भ × अख

$$\therefore \text{यान्त्रिकः लाभः} = \frac{\text{भ}}{\text{श}} = \frac{\text{अक}}{\text{अख}}$$

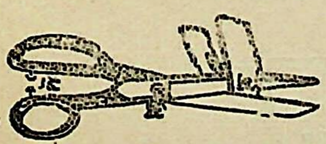
कर्त्तरिका, तुला, अवहननी, बालकानां दोलनफलकादीनि च प्रथम-वर्गीयोत्तोलकाः। अधस्तात् चित्रेषु तेऽङ्किताः।



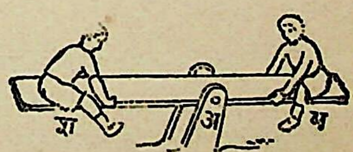
चित्रम् २-७



चित्रम् २-८.

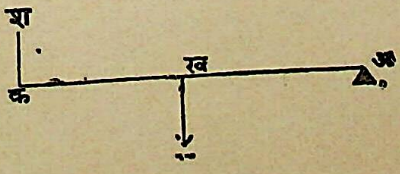


चित्रम् २-९



चित्रम् २-१०

द्वितीयः वर्गः—एतद्वर्गीय उत्तोलके 'भ' इति भारो मध्ये 'अ' इति आलम्ब उत्तोलकस्य एकस्मिन् शिरोभागे 'श' इति शक्तिश्च अपरस्मिन् शिरोभागे वर्त्तन्ते। यथात्र चित्रे प्रदर्शितम्।



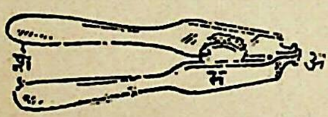
चित्रम् २-११

उत्तोलकेऽस्मिन् श × अक=भ × अख

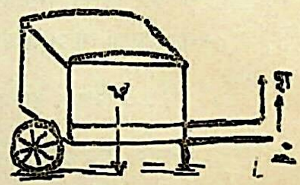
$$\therefore \text{यान्त्रिकः लाभः} = \frac{\text{भ}}{\text{श}} = \frac{\text{अक}}{\text{अस}}$$

यतः 'अक' इति भुजा 'अख' इत्यस्माद् दीर्घा अतोऽस्याम् अवस्थायां यान्त्रिकः लाभ एकस्मादधिको भवति ।

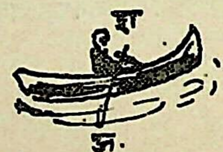
ईदृशानां उत्तोलकानाम् उदाहरणानि नौकानियामकं यन्त्रं कर्गदे छिद्रप्रयोजक-यन्त्रादीनि च भवन्ति । अधस्तात् तानि प्रदर्शितानि ।



चित्रम् २-१२

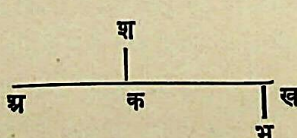


चित्रम् २-१४



चित्रम् २-१३

तृतीयः वर्ग :—एतद्वर्गीय उत्तोलके 'श' इति शक्तिः मध्ये, उत्तोलकस्य एकस्मिन् शीर्षे च 'अ' इत्यालम्बः अपरस्मिन् च 'भ' इति भारो वर्तते ।

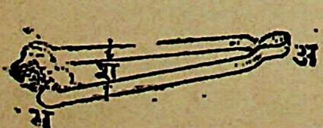


चित्रम् २-१५

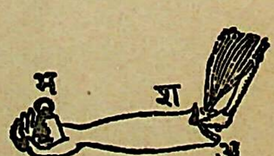
$$\text{अस्यां दशायां यान्त्रिकोलाभः} = \frac{\text{भ}}{\text{श}} = \frac{\text{अक}}{\text{अख}}$$

यतः 'अक' इति 'अख' इत्यस्मात् ऊनः अतो यान्त्रिको लाभः सदैव एकस्मादूनो भवति । अर्थात् दशायामस्यां यान्त्रिकी हानिः भवति ।

एतद्वर्गीयस्य उत्तोलकस्य उदाहरणानि सन्दशिका भजबन्धादयश्च भवन्ति । अधस्तात् ते प्रदर्शिताः ।

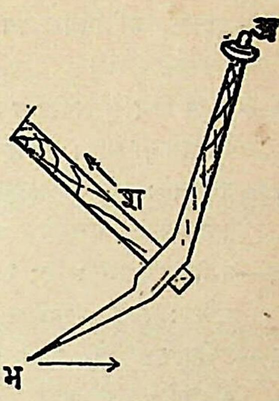


चित्रम् २-१६



चित्रम् २-१७

सामान्यः लाङ्गलोऽपि एतद्वर्गीयः उत्तोलकः अस्य 'अ' इत्यालम्बः करेण गृह्यते 'श' इति शक्तिः वृषभाभ्यां प्रयुज्यते। 'भ' इति भूप्रतिरोधस्तु भारोऽस्ति यद्विरोधे लाङ्गलखनित्रं पृथिव्याम् आकृष्यते।



चित्रम् २-१८

उदाहरणम् (१)—काष्ठस्य क्षैतिजं फलकमेकं यथार्थ्येन स्वमध्यवर्त्तिनि अक्षे सन्तुलितं भवति। यदि चेद् ६० किलोग्रामभारान्वित एकः बालकोऽक्षात् १५० से०मी० इति परिमिते दूरे उपविश्य अक्षात् १८० से०मी० इति परिमिते दूरे तत्फलकोपरि आसीनमन्यं बालकं समरूपेण तोलयति तर्हि द्वितीयस्य बालस्य भारो ज्ञातव्यः

उत्तोलकसिद्धान्तानुसारेण आलम्बस्य एकस्यां दिशि प्रथमस्य बालकस्य भारः × आलम्बात् तस्य अन्तरालम्=द्वितीयबालकस्य भारः × आलम्बात् तस्य अन्तरालम्। अथवा ६० किलोग्रामाः × १५० से०मी०=य किलोग्रामः × १८० से०मी०। यस्मिन् 'य' इति किलोग्रामः द्वितीयस्य बालकस्य भारोऽस्ति।

∴ द्वितीयस्य बालस्य भारः=५० किलोग्रामाः अथवा य=५० किलोग्रामाः इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (२) एकः पथिकः स्वस्कन्धे लम्बरूपं काष्ठं सन्निधाय कतिचिद् भारं नयति। यदि चेत् काष्ठस्य पश्चाद्वर्तिनि शिरोभागे स्कन्धात् १५ से०मी० इति परिमितेऽन्तराले भारः लम्बमानो वर्त्तते काष्ठदण्डस्य पुरोवर्तिनि शिरोभागे स्कन्धात् ३० से० मी० इति परिमितेऽन्तराले पथिकः स्वहस्तेन १५ किलोग्रामभारतुल्यं बलं प्रयुङ्क्ते तर्हि पिटकस्य भारः ज्ञातव्यः।

आलम्बस्यैकस्मिन् पार्श्वे न्यस्तः भारः × आलम्बात् तस्यान्तरालम्=आलम्बस्य द्वितीये पार्श्वे न्यस्तः भारः × आलम्बात् तस्यान्तरालम्।

यदि चेद् सम्पुटकस्य भारः 'य' किलोग्रामपरिमित इति कल्प्यते तर्हि।
'य' किलोग्रामः × १५ से०मी० = १५ किलोग्रामः × ३० से०मी०।
यत्र 'य' इति पथिकस्य सम्पुटकस्य भारोऽस्ति।
∴ य × १५=१५ × ३० अथवा य=३०।
अतः पथिकस्य सम्पुटकस्य भारः=३० किलोग्रामाः इत्युत्तरः।

प्रश्ना :

१—बलाघूर्णनस्य कोऽर्थः ? आघूर्णनसिद्धान्तः कः ? प्रयोगेण तस्य सत्यापनं कथं करणीयम्।

२—जडत्वस्य प्रतिक्रियायाश्च कोऽर्थः ? उदाहरणेन जडत्वस्य प्रतिक्रियायाश्च नियमाः व्याख्यातव्याः ।

३—घर्षणं किम् ? प्रयोगेण तस्यास्तित्वं कथम् अवबोध्यम् ? दैनिकजीवने घर्षणा-ज्जायमानो लाभः हानिश्च व्याख्यातव्ये ।

४—उत्तोलकः कः? कतिप्रकारकः सः ? प्रत्येकप्रकारकस्य उदाहरणं देयं चित्रैश्च तेषां शक्त्या आलम्बस्य भारस्य च स्थितयः स्पष्टीकरणीयाः ।

५—उत्तोलकसिद्धान्तः कः ? सूचनीयं यत् लौहदण्डस्य काष्ठखण्डस्य च साहाय्येन श्रमिकः गुरुकाष्ठपिण्डं अपसारितुं कथं समर्थो भविष्यति ।

६—टेलीग्राफस्य २० मीटरपरिमित एकः स्तम्भो वर्तते । स स्वस्थूलशिरसः ५ मीटर-परिमितेऽन्तराले आलम्बन्यासात् सन्तुलितो भवति । यदा स्थूलशिरसः ८ मीटर-परिमितेऽन्तराले आलम्बो न्यस्तः तर्हि स्तम्भं सन्तुलितं कर्तुंतस्य द्वितीये शिरसि श्रमिकेण स्वस्य सम्पूर्णः भारः प्रयुज्यते । यदि चेत् श्रमिकस्य भारः ६० किलो-ग्रामपरिमितः तर्हि स्तम्भस्य भारो वेदितव्यः ।

(उ० २४० किलोग्रामाः)

७— लाङ्गलः कीदृश उत्तोलकः ? तत्र आलम्बः शक्तिः भारश्च कुत्र प्रयुज्यन्ते ? चित्रेण तेषां प्रदर्शनं कर्तव्यम् ।

तृतीयोऽध्यायः

संहति, भारः घनत्वम् आपेक्षिकं घनत्वञ्च । (Mass. Weight. Density and Relative Density)

१. संहतिः (Mass).

कस्यचिद् वस्तुनः संहतिः पदार्थस्य तत्परिमाणं भवति येन तद्वस्तु विनिर्मितं स्यात् । उदाहरणार्थं कस्मिंश्चिद पुस्तके यावत् कर्गदस्यूलपत्रादिपदार्थाः प्रयुक्ताः तन्मयैव तस्य संहतिः भवति । यदि चेद् किञ्चिद् आधारपलं काष्ठनिर्मितं भवेद् तर्हि यावन्मात्रं काष्ठं तत्र प्रयुक्तं स्यात् तन्मयैव आधारपटलस्य संहतिरिति । पुस्तके आधारपटले वा कुत्रचिदपि नीयमाने तयोः संहत्योः तावत्पर्यन्तं किञ्चिदूनत्वं न संभवति यावत् पुस्तकाद् कतिचिद् पत्राणि न पृथक् क्रियन्ते आधारपटलाद् वा यावत् किञ्चद् काष्ठं न छिद्यते ।

२. संहत्याः मात्रकम्ः—

आंग्लपद्धत्यां 'पाउण्डैवर्डूपोइजम्' (Pound Avoirdupois) इति संहत्याः प्रामाणिकं मात्रकं भवति । लन्दननगरे एक्सचेकरस्य कार्यालये निहितं मात्रकमिदं प्लेटिनमनामकस्य धातुखण्डस्य संहतिरस्ति । तस्य अपवर्त्याणि अपवर्त्तकाणि च (Multiples and Submultiples) निम्नप्रकारिकाणि सन्तिः—

१६ औन्सानि=१ पाउण्डम्
२८ पाउण्डानि=१ क्वार्टरम्
४ क्वार्टराणि=१ हण्डरवेटम् ।
२० हण्डरवेटानि=१ टनम् ।

मीटरपद्धत्यां तु एकः किलोग्रामः (Kilogramme) संहत्याः प्रामाणिकं मात्रकं भवति । मात्रकमिदं पेरिसनगरे विनिहितस्य प्लेटिनमधातुखण्डस्य संहतिरस्ति । किन्तु, मापतौल्यकर्मणि प्रायशः ग्राम एव सहत्याः मात्रकमिति मन्यते । अयञ्च प्रामाणिकस्य किलोग्रामस्य सहस्रतमांशो भवति । ४° शतिके (४°C) तापे १ घनसेन्टीमीटर-परिमितस्य उदकस्य या संहतिर्भवति सापि १ ग्रामतुल्या भवति । एकग्रामस्य अपवर्त्याणि अपवर्त्तकाणि चैतत्प्रकारकाणि भवन्ति :—

१० मिलोग्रामाः (मि० ग्रामः) =१ सेण्टीग्रामः (से० ग्राम)
१० डैसीग्रामाः (डै० ग्रा०)=१ ग्रामः (ग्रा०)

१० ग्रामाः (ग्रा०)=१ डैकाग्रामः (डैका०ग्रामः)

१० डैकाग्रामः (डैका०ग्रा०)=१ हेक्टोग्रामः (है०ग्रा०)

१० हैक्टोग्रामाः (है०ग्रा०)=१ किलोग्रामः (कि०ग्रा०)

१०० किलोग्रामाः=१ क्विण्टलम् ।

वैज्ञानिके मापतौलकर्मणि आँग्लमात्रकं न प्रयुज्यते । अपितु मीटरमात्रकं प्रयुज्यते । कारणञ्चास्येदं यत् आँग्लपद्धत्यां मात्रकमेकम् अपरस्मिन् मात्रके परिवर्त्तयितुं क्रियमाणे गुणभागकर्मणि दशमलवस्य प्रयोगः कर्तुं न शक्यते । मीटरपद्धत्यां तु दशमलवस्य विन्दुं दक्षिणे वामे वा पार्श्वेऽपसार्यैव किमप्येकं मात्रकम् अपरस्मिन् मात्रके परिवर्त्यते । आँग्लरीत्याः मात्रकाणां मीटररीत्याश्च मात्रकैः सह निम्नप्रकारक सम्बन्धो भवन्तिः—

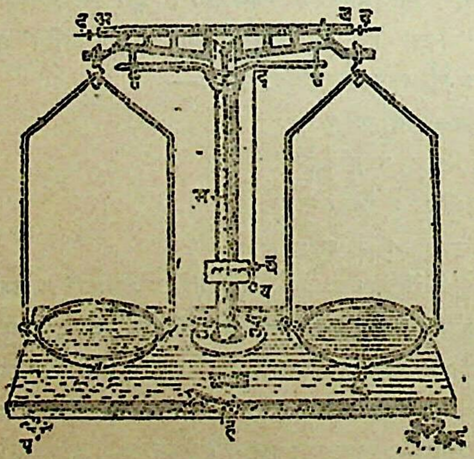
१ ग्रामः=१५.४३२ ग्रेनाः

१ औन्सम्=२८.३५ ग्रामाः ।

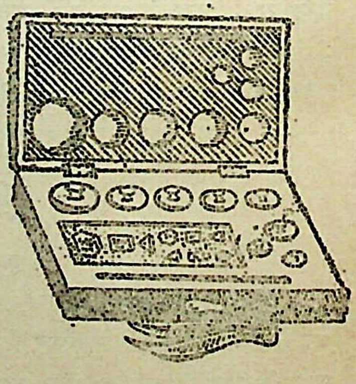
१ पाउण्डम्=४५३.६ ग्रामाः

३. संहत्याः मापनं तौलनञ्च—

भौतिकी तुला (Physical Balance)—संहत्याः मापनं तौलनञ्च भौतिक्या तुलया क्रियेते । ३, १ चित्रे सा तुला प्रदर्शिता । तुलायाम् अस्यां 'अ व' इत्येको पित्तलदण्डः मध्यभागे क्षुरान्तस्य (Knife edge) साहाय्येन एकस्मिन् ऊर्ध्वाधरे आधारदण्डे स्थितो भवति । ऊर्ध्वाधरदण्डश्चायं रिक्ताभ्यन्तरिके स्तम्भे स्थितेन 'ह' इति



चित्रम् ३.१



चित्रम् ३.२

हस्तकेनैकेन ऊर्ध्वम् अधः वा कर्तुं शक्यते । स्तम्भः स्थायिरूपेण काष्ठफलकेन संयुक्तो

भवति। काष्ठफलकञ्च अधोभागे एकस्मिन् तीक्ष्णाग्रके पित्तलकीलके 'प एवं प' इति द्वयोश्चूलिकयोश्चोपरि आवृतं भवति। 'प' एवं 'प' इत्येतयोः चूलिकयोः साहाय्येन सावकसूत्रस्य (Plumb Line) दिग् नियम्यते। इमे चूलिके समतलकारिण्यौ चूलिके (Levelling screw) इत्यभिधीयेते। 'अ ब' इति दण्डके द्वे पटले लम्ब्येते दण्डकस्य च द्वयोः शिरसोः समीपे 'ढ एवं ढ' इति रोधिन्यौ (Nuts) वर्त्तेते। तयोः पुरस्सारणेन अपसारणेन वा तुलायाः व्यत्ययः दूरीक्रियते। इमेऽवरोधिन्यौ समतोलिकेऽवरोधिन्यौ (Balancing Nuts) इत्यभिधीयेते।

यदा तुलायाः प्रयोगः न क्रियते तदा दण्डकः स्तम्भोपरि संयुक्ते पित्तलाधारे तिष्ठति पटले च अधः स्थितं फलकं प्रायशः स्पृशतः। दशायामस्यां 'ह' इति हस्तकः वामपार्श्वे तिष्ठति। यदा हस्तकः दक्षिणपार्श्वे परिभ्राम्यते तदा दण्डकः पटले च ऊर्ध्वम् उत्तिष्ठन्ति तदनु दण्डकसंयुक्तः सङ्केतकः (Pointer) 'स' इति एकस्यां मापकपट्टिकायां दोलनं करोति तुला च तोलनार्थं प्रस्तुता भवति।

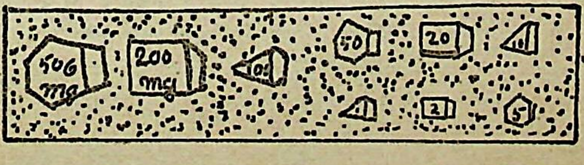
तुलया वस्तूनां तोलनार्थम् अपेक्षिताः मापकाः क्रमश एकस्मिन् पिटके निहिताः भवन्ति। पिटकञ्चेदं मापकपिटकम् (Weight Box) इत्यभिधीयते। चित्रम् ३.२

पिटके प्रत्येकस्मै मापकाय अवस्थानमेकं निर्धारितं भवति। चित्रम् ३.२। प्रत्येकः मापकः स्वावस्थाने निधातव्यः। बृहन्मापकाः पित्तलमयाः निकिलोपलिप्ताश्च भवन्ति। प्रायशस्ते मापकाः १००,५०,२०,२०,१०,५, २,२ तथा १ ग्रामपरिमिताः भवन्ति। ततोऽपि लघीयांसः मापकाः अलमुनियम्-पत्रिकया निर्मिताः भवन्ति। इमे मापकाः क्रमशः ५००, २००, २००, १००, ५०, २०, २०, १०, ५, २, २ एवं १ मिलीग्रामपरिमिताः भवन्ति।

एतेषां ५००, ५०, ५ मिलीग्रामपरिमिताः मापकाः षट्भुजाकारकाः भवन्ति।

२००, २०, २	,,	,,	,,	आयताकारकाः भवन्ति
१००, १०, १	,,	,,	,,	त्रिभुजाकारकाः ॥

पिटके मिलीग्राममापकाः शीशकपटलेन आच्छाद्य विनिहिताः भवन्ति (चित्रम् ३.३)। प्रत्येकश्च मापकः अवग्राहिण्या प्रगृह्य उत्थाप्यते।



चित्रम् ३.३

भौतिकतुलायाः सिद्धान्तः—भौतिकतुलायाः कार्यं आघूर्णसिद्धान्ताधारितम्। तदनुसारेण यदि तुलाया उभयोर्पटलयोः द्वौ मापौ विनिहितौ तुलादण्डश्च क्षैतिजो भवेद्

तर्हि एकत्र विनिहितस्य मापस्य संहतिर् आलम्बात् तस्यान्तरालस्य गुणनफलं च अन्यत्र निहितस्य मापस्य संहत्या आलम्बात् तस्यान्तरालस्य गुणनफलेन च तुल्यं भवतः। एतत्सिद्धान्तानुसारेण:—

(१) यदि चेत् समसंहतिकाः मापा आलम्बस्य पार्श्वयोरुभयोः समान्तरे लम्ब्यन्ते तर्हि तैर्मापैः तुलादण्डः क्षैतिजः क्रियते । अथवा—

(२) यदि चेत् आलम्बस्योभयतः समानान्तराले प्रलम्बनात् द्वाभ्यां मापाभ्यां दण्डः क्षैतिजः क्रियते तर्हि मापयोर्द्वयोः संहतिः तुल्या भवति । भौतिकतुलायाम् अस्माभिर् अयमेव सिद्धान्तः प्रयुज्यते । आलम्बस्योभयतः समानान्तराले मापः माप्यः पदार्थश्च निधीयेते मापश्च समञ्जीक्रियते । कार्यञ्चेदं तावत्पर्यन्तं क्रियते यावत् तुलादण्डः क्षैतिजो भवति । दशायामस्यां मापानां संहतिः वस्तुनः संहतितुल्या भवति ।

तौलनात् पूर्वं तुलापरीक्षा—(१) सर्वप्रथमं लक्ष्यते यत् साधकसूत्रं ऊर्ध्वाधरं वर्तते न वा । यदि चेद् तद् ऊर्ध्वाधरं न भवेत् तर्हि आधारे विन्यस्तयोः घुण्टिकयोः साहाय्येन तद् ऊर्ध्वाधरं क्रियते ।

(२) ततश्च ययोः सनिवेशिन्ययोः (Stirrup) पटलतन्तू दण्डात् प्रलम्बमाने स्तः तत्र लक्ष्यते यत् ते असिकोणयोः सम्यक्तया विनिहिते न वा । प्रायशस्ते असिकोणात् पतित्वा तुलादण्डे तिष्ठतः । यदि चेद् तौ पतितौ भवेताम् तर्हि तावसिकोणयोः सम्यक्तया संस्थाप्येते ।

(३) दण्डोत्थापकं हस्तकं वामतः परिभ्राम्य तुलादण्डः उत्थाप्यते । यदा तुलादण्डः आलम्बे भ्रमणं प्रारभते तर्हीदं लक्ष्यते यत् संकेतकः शून्यस्योभयतः मापिकोपरि तुल्य-भागपर्यन्तं परिसरति न वा । यदि चेद् संकेतकः मापिकाया उभयतः तुल्यभागपर्यन्तं न परिसरेत् तर्हि समतोलककुण्डलिके पुरतः पश्चाद् वा अपसार्य इत्थं समञ्ज्येते यत् सङ्के-तकः मापिकाया उभयतः तुल्यां गतिं कुर्यात् ।

इत्थं तुलापरीक्षणं कृत्वा तौलनम् आरभ्यते । भौतिकतुलया तौलनरीतिः—(१) मापनीयं वस्तु वामपटले मापकाश्च दक्षिणे पटले नीधीयन्ते, किमर्थम् ? मापकमञ्जूषापि स्वदक्षिणे पार्श्वे स्थाप्यते ।

(२) अनुमानेन प्रथमं बृहत्तमः मापकः पटले निधीयते । यदि चेद् स न्यूनो भवेत् तर्हि ततः लघीयान् मापकः निधीयते । यदि चेत् सोऽधिको भवेत् तर्हि तमुद्धृत्य लघु-मापकः स्थाप्यते । इत्थं बृहत्तमेन मापकेन तौलनं आरम्य लघिष्ठमापकं यावत् । कार्यं क्रियते ।

(३) मापकाः सदैव संग्राहिकया मापपिटकाद् उद्ध्रियन्ते निधीयन्ते च । करेण ते न स्पृश्यन्ते । किमर्थम् ? मापकाः पुरःपटले (Table) कदाचिदपि न संस्थाप्याः ।

(४) तुलादण्डं अधः कृत्वा मापकाः निधाप्यन्ते उद्ध्रियन्ते वा । यदा तुलादण्ड उद्धृतः स्यात् तदा मापका नैव उद्ध्रियन्ते निधीयन्ते वा ।

(५) मापञ्जूषायाः रिक्तावस्थानीयानां मापकानां योगं कृत्वा स्वकीयप्रलेख-पुस्तिकायां तत्फलं लिख्यते । ततश्च पटलात् उद्धरणकाले च पुनः तेषां योगः क्रियते । परिमाणाविमौ तुल्यौ स्याताम् ।

(६) एकस्यां शुद्धतुलायाम् अधोऽङ्कितानि वैशिष्ट्यानि स्युः ।

शुद्धा तुला सत्या (True), संवेदनशीला (Sensitive), स्थायिनी (Stable), सुदृढ़ा (Rigid) च भवति ।

(१) तुला तदैव सत्या इत्यभिधीयते यदा उभयोः पटलयोः भारयुक्तत्वे भारविहीनत्वे वा तुलादण्डः क्षैतिजो (Horizontal) भवेत् । इदं तदैव सम्भवति यदा आलम्बः, उभयतः दण्डस्य भारः, तस्य दैर्घ्यं, पटलयोः निहितः भारश्च सर्वथैव तुल्या स्युः ।

(२) तुला तदैव सुग्राहिका भवति यदा पटलद्वये निहितयोर्भारयोर्मध्ये यत्किञ्चित्परिवर्तनेनापि दण्डे प्रचुरं नम्रत्वं जायेत यतश्च सङ्केतकेन मापकपट्टिकोपरि अधिको विक्षेपो (Deflection) लक्ष्यते ।

तुलायाः सुग्राहकतार्थं निम्नांङ्कितानि तथ्यानि आवश्यकानि —

(अ) दण्डस्य दीर्घत्वम् ।
(ब) दण्डस्य लघुता ।
(स) तुलासङ्केतकस्यापि लघुता ।

(३) तुला तदैव स्थायिनीति कथ्यते यदा दण्डः स्वस्थित्याः स्वल्पमपि स्थानान्तरं कृत्वा क्षिप्रमेव स्वकीयां पूर्वां स्थितिं प्राप्नोति । तस्यायमर्थो यत् सङ्केतकः मापिकायाः शून्यस्य उभयतः तीव्रं दोलनं करोति ।

यदा तुलादण्डः स्वक्षैतिजस्थित्याः स्थानान्तरितो भवति तदा स्वकीयात् सङ्केतकस्य च भारात् पुनः स्वकीयां मध्यमानस्थितिं प्राप्नोति । अतः तुलां स्थायिनीं विधातुम् :—

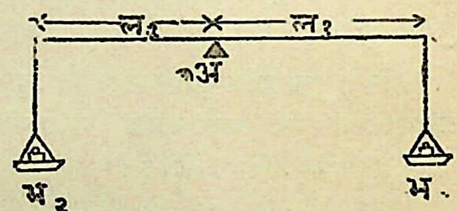
(अ) दण्डो गुरुः करणीयः ।
(ब) सङ्केतकोऽपि गुरुः स्यात् ।

सुग्राहकतायाः स्थायित्वस्य च आवश्यकतामध्ये पारस्परिकः विरोधो वर्त्तते । अतएव यदि तुला समधिका सुग्राहिका भवेत् तर्हि तस्याः सङ्केतकः स्वकीयां मध्यमानस्थितिं शीघ्रं न प्राप्नोति (सा प्रचुरस्थायिनी न भवति) । यदि चेत् तस्याः सङ्केतकः शीघ्रमेव स्वमध्यमानस्थितिं प्राप्स्यति (समधिका स्थायिनी भविष्यति) तदा सा सुग्राहिका न भविष्यति । तथ्यञ्चेदं इत्थमपि वर्णनीयं यत् यदि अतिशयो यथार्थः भारो ज्ञातव्यो भवेत् तर्हि तौलनकर्मणि अधिकः समयोऽपेक्ष्यते । यदि चेत् शैघ्र्यं अभीष्टं तर्हि मापके तादृश्याः शुद्धतायाः अवकाशसङ्कोचो भविष्यति ।

(४) तुला तदैव सुदृढ़ा इत्यभिधीयते यदा तस्या दण्डः ईदृशः दृढः स्यात् यत्र यावान् भारः तत्र तोलनीयो भवेत् तस्य न्यासात् दण्डोः न नमेत् ।

(५) द्विगुणितोत्तोलनविधिः (Method of Double Weighing).

(१) गाउसरीतिः (Gausses Method) रीतिरियं तदा प्रयुज्यते यदा तुलादण्डस्य उभौ बाहू तुल्यदैर्घ्ययुक्तौ न भवतः। दोषस्यास्य ज्ञानार्थं कश्चिद् पदार्थः वामपटले न्यस्यते यः दक्षिणपटले न्यस्तेन 'भ' इति भारेण तुल्यो भवेत् । पुनश्च तत्पदार्थः दक्षिण-पार्श्वे न्यस्यते मापकाश्च वामपटले न्यस्यन्ते । यदि चेत् पदार्थस्य भारं मापकभारेण तुल्यं कर्तुं '$भ_1$' इति मापकस्थाने '$भ_2$' इति मापकः प्रयुज्यते तर्हि निस्सन्देहं तुला दोषयुक्ता अस्ति । यदि चेत् पदार्थस्य यथार्थः भारो 'भ' इति भवेत् तुलादण्डस्य दक्षिणभागस्य वामभागस्य च दैर्घ्यें क्रमशः '$ल_1$' इति '$ल_2$' इति च स्याताम् तर्हि तुलासिद्धान्तानुसारेण—



चित्रम् ३-४

$$ल_1 \times भ_1 = ल_2 \times २ \qquad (१)$$

$$\text{तथाच } ल_2 \times भ_2 = ल_1 \times भ \qquad (२)$$

उभयोः परस्परगुणनात् ।

$$ल_1 \times ल_2 \times भ_1 \times भ_2 = ल_1 \times ल_2 \times भ \times भ$$

$$\text{अथवा } भ = \sqrt{भ_1 \times भ_2} \qquad (३)$$

अतएव पदार्थस्य यथार्थाः संहतिः तोलनयोर्द्वयोः गुणनफलस्य वर्गमूलतुल्या भवति । द्वयोर्विभजनात् 'भ' इति छिद्यते । तथाच

$$\frac{ल_2}{ल_1} = \frac{\sqrt{भ_1}}{\sqrt{भ_2}} \qquad (४)$$

(२) बोर्डीयतोलनरीतिः (Bordas Method of Weighing)--

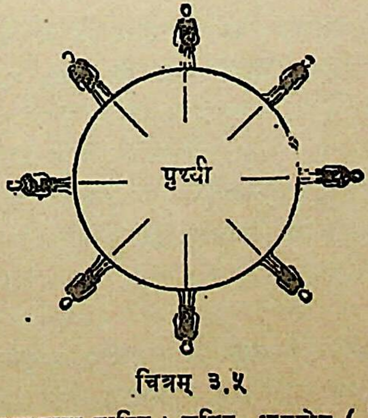
अनेन विधिना तुलायाः सदोषत्वेऽपि यथार्थो भारः ज्ञायते । अस्मिन् विधौ तोल-नीयं वस्तु दक्षिणपटले न्यस्यते वामपटले च सिकताः शीशकगुटिकाः वा निधाय तुलादण्डः क्षैतिजः क्रियते । तदनु तद्वस्तु दक्षिणात् पटलाद् उद्ध्रियते तत्स्थाने च मापकमञ्जूषातः मापका आरोप्यन्ते यावत् तुलादण्डो भूयः क्षैतिजो भवति ।

इत्थम् आरोपितानां मापकानां सहतिरेव तद्वस्तुनः संहतिः विधिनानेन तुलादोष-प्रयुक्ता त्रुटिः दूरीक्रियते ।

(६) गुरुत्वाकर्षणनियमः (Law of Gravitation) पदार्थानां भारश्च :—
अहरहः दृश्यतेऽस्माभिर् यद ऊर्ध्वदिशि प्रक्षिप्तः कन्दुकः किञ्चित्कालानन्तरं पृथिव्यां मांपतति । कुतश्चिद् वृक्षात् प्रच्युतं फलं सर्वदैव अधः पतति । यदि चेद् उपरितः कूपे एकः प्रस्तरखंडः विमुच्यते तर्हि तत्प्रस्तरखंडः कूपतलं प्राप्य तत्र तिष्ठति । यदि चेद् अस्माभिः वृहद्प्रस्तरखण्डम् उत्थापनार्थं प्रयत्नः क्रियते तर्हि समधिकं बलं प्रयुज्यते । उदाहरणैरेभिः सिध्यति यत् प्रत्येकं वस्तु पृथिव्याः केन्द्रस्य निकटं गन्तुं प्रयतते । पृथिव्याः केन्द्रात् तद्वस्तु दूरीकर्तुं बलं प्रयुज्यते ।

भास्करप्रभृतिभिः श्रुतिसम्मत-मतानुयायिभिः चिरकालपूर्वमेव स्वसिद्धान्तग्रन्थेषु गुरूत्वाकर्षणनियमः वर्णित आसीत् । किन्तु हरिवर्षे यूरोप इत्याधुनिकाभिधानके महाद्वीपे इगलैण्डदेशीयेन मनीषिणा सराइजकन्यूटनेनैव उपर्युक्तानां घटनानां हेतुर्निदिष्टोऽभवत् । एकदा न्यूटनमहोदयः स्वकीय उद्यान उपविष्ट आसीत् तदैव तस्य सम्मुखे फलमेकं वृक्षादपतत् । तद्दृष्ट्वा सोऽचिन्तयत् किं कारणं फलस्याधोमुखपतनस्य । वहुविचारानन्तरं तेन निर्धारितं यत् विश्वे पदार्थस्य प्रत्येकः कणः प्रत्येकमन्यं कणं आकर्षति आकर्षणञ्चेदं कणयोरुभयोः महत्योः गुणनफलस्य समानुपाती तयोर्मध्यवर्त्यन्तरालवर्गस्य च प्रतिलोमानुपाती भवति । सम्प्रति अभिनववैज्ञानिकैः नियमश्चायम् न्यूटनीयः गुरुत्वाकर्षणनियम् इत्यभिधीयते ।

आकर्षणनियमस्यास्य अनुसारेण भूरपि प्रत्येकं वस्तु स्वकीयं केन्द्रं प्रति आकर्षति । आकर्षणबलञ्चेदं वस्तूनां भार (Weight) इति कथ्यते । भूमण्डलवर्त्तिनां विभिन्नदेशानां निवासिनः पृथिव्याः केन्द्रं प्रति स्वचरणन्यासपूर्वकमेव गतिं कुर्वन्ति । चित्रम् (३.५)। किन्तु गुरुत्वाकर्षणहेतोरेव भूतलाद् आकाशं प्रति नोत्पतन्ति ।



चित्रम् ३.५

यतः पृथ्वी पूर्णतः वृत्ताकारा नास्ति । अपितु, ध्रुवयोर् (Poles) उभयोर्दिशि सा यत्किञ्चिच्चिपिटा भूमध्य-रेखायाञ्च उत्फुल्ला अतएव भुवः केन्द्रात् ध्रुवयोरन्तरालं

भूमध्यरेखाया अन्तरालापेक्षया न्यूनं भविष्यति। गुरुत्वाकर्षणनियमानुसारेण च ध्रुवयोरुपरि निहितानां वस्तूनां भारः भूमध्यरेखोपरि निहितानां तादृशानामेव वस्तूनां भारापेक्षया अधिको भविष्यति। अतएव विभिन्नाक्षांशेषु (Latitudes) गृहीतः तस्यैव वस्तुनः भारः पार्थक्यं लभते।

भूतलादूर्ध्वं वस्तूनां भारः ह्रसति :—गुरुत्वाकर्षणनियमानुसारेण भुवः वहिः स्थितेषु वस्तुषु आकर्षणमानं भूकेन्द्रात् वस्तुन अन्तरालवर्गस्य प्रतिलोमानुपाती भवति अतएव पृथ्वीतलादुपरि गमने वस्तुनः भारो ह्रसति।

भूतलादधः गमनेऽपि वस्तुभारः ह्रसति। पृथिव्याः गर्भे किञ्चिद्वस्तु यावन्मात्रम् अन्तः स्थितं भवति तावन्मात्रमेव तस्य भारः न्यूनो भवति। यतः तदानीं पृथिव्याः तावन्मात्रेणैवांशेन तद्वस्तु केन्द्रं प्रति आकृष्यते यावन्मात्रं सा वस्तुन अधोभागे वर्त्तते। अतएव पृथिव्याः धरातले वस्तूनां भारः सर्वाधिको भवति। यावन्मात्रं गाम्भीर्यं वर्द्धते तावन्मात्रं भारो ह्रसति। अन्ततोगत्वा भुवः केन्द्रे वस्तुभारः शून्यतुल्यो भवति। अस्तु कस्मिंश्चिदेकस्मिन् स्थाने वस्तूनां भारः तेषां संहतीनां समानुपाती भवति।

७. कुण्डलिनीतुला—(Spring Balance)

अस्माभिः भौतिकतुलासाहाय्येन भारस्य अन्तरं मापितुं न शक्यते। यतः तुलाया एकस्मिन् पटले वस्तु निधीयतेऽपरस्मिन् च मापकाः न्यस्यन्ते। एकस्मिन् स्थाने तुल्याः संहतयः प्रत्येकस्थाने तुल्या एव भविष्यन्ति। वस्तुतः भौतिकीतुला तु संहतीनां (Masses) तुलनाकरणस्य यन्त्रोऽस्ति। तया भारस्य मापनमशक्यं भवति। किन्तु यतः एकस्मिन्नेव स्थाने भारः संहतीनां समानुपाती भवति अतएव संहतीनां तुलनां कृत्वा वयं वदाम यत् तद्वस्तूनां भारस्य तुलना कृता।



चित्रम् ३·६

३.६ इति चित्रे प्रदर्शिता कुण्डलिनीतुला एव वास्तविकः भारमापकः यन्त्रः। अस्याम् लौहमयी एका कुण्डलिता शृङ्खला प्रयुज्यते। तस्या ऊर्ध्वशिर एकया धातुमय्याकण्डिकया संयुक्तो भवति अधोवर्तिशिरसा च एको धारकः संयुक्तो भवति यत्र तोलनीयो भारः प्रलम्ब्यते। कुण्डलिन्या एकः सङ्केतकः (Index) संयुक्तो भवति। य एकस्मिन् धातुमय्यां मापनिकायां ऊर्ध्वाधः गतिं करोति। मापनिका चेयं पौण्डेषु ग्रामेषु वा मापिता भवति।

तोलनीयं वस्तु ग्राहिण्याम् अवलम्ब्यते। वस्तुनः भारेण कुण्डलिनी आकृष्यते सङ्केतकश्च अधः प्रसरति। मापिकायां तस्य स्थितिः लक्ष्यते। तदा तद्वस्तुनो भारो गृह्यते। तद्भारः सामान्यतः ग्रामे पौण्डे वा परिज्ञायते।

किन्तु ग्रामाः पौण्डाः वा न वलस्य मात्रकाणि । ते संहत्याः मात्रकाणि । पौण्डस्यैकस्य ग्रामस्यैकस्य वा भारः प्रत्येकस्मिन् स्थाने एकरूपो भवति । अतएव यदि चेद् तुला इँगलैण्डदेशे निर्मिता तस्यां च तद्देशानुसारेण पौण्डस्य ग्रामस्य वा चिह्नानि अङ्कितानि स्युः तर्हि तया भारतवर्षे यथार्थः मापो न गृह्यते । समधिकं शुद्धं फलं ज्ञातुं कुण्डलिनीतुलायाः मापका वलमात्रकयुक्ता करणीया ।

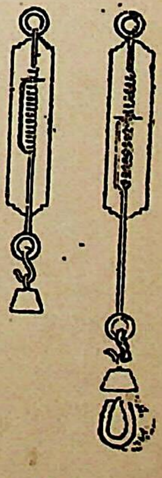
८. भारसंहत्योरन्तरम्:—

(१) किञ्चिद्वस्तु येन पदार्थेन निर्मितं भवति तस्य परिमाणं वस्तुनः संहतिरित्यभिधीयते । पृथिव्यां यत्रकुत्रापि ध्रुवयोः, भूमध्यरेखोपरि, पर्वते अथवा भूगर्भस्थिते कस्मिश्चिद् आकरे वा वस्तुनि नीयमाने तस्य संहतिः सदैव एकसदृशी तिष्ठति यावद् तद्वस्तुभङ्गो न जायतेऽथवा तस्मिन् कश्चिद् पदार्थो न युज्यते । संहितिर् एका अदिग्राशिरिति । अर्थात् तत्र निश्चितैकादिग् न भवति ।

(२) पृथ्वी स्वकेन्द्रं प्रति येन वलेन किञ्चिद्वस्तु समाकर्षति तद्‌वलमेव तद्वस्तुनो भार इत्यभिधीयते । भूमध्यरेखोपरि भारः ह्रसति ध्रुवयोरुपरि अधिकायते भूतलापेक्षया पर्वतेषु भूगह्वरेषु च न्यूनो भवति । भूकेन्द्रे प्रत्येकस्य भारः शून्यो भवति किन्तु तस्य संहत्यां किञ्चिदन्तरं न जायते । भार एका सदिग्राशिरस्ति । अर्थात् तस्य एका निश्चिता दिग् भवति ।

(३) यदा कश्चिल्लघुपदार्थः जले प्लवनं करोति तर्हि तस्य भारः शून्यो भवति । किन्तु तस्य संहत्यां किञ्चिदन्तरं न भवति ।

(४) यदि चेद् कश्चिद् लोहखंडः कुंडलनीतुलायां प्रलम्ब्यते तदनु तस्याधः चुम्बकैकः स्थाप्यते तर्हि कुंडलिनीतुलाया आकर्षणं वर्द्धते । अर्थात् पदार्थस्य भारः वृद्धि गच्छति तस्य संहत्याञ्च किञ्चिद् परिवर्तनं न जायते ।



एतावत्पर्यन्तं संहतिरेव भार इत्यभिहितः । यथा कस्यचिद् पदार्थस्य भारः ५० ग्रामपरिमित इति । किन्तु, वैज्ञानिकदृष्ट्या ईदृशं कथनं त्रुटिपूर्णं भवति । यतः संहतिः भारश्च द्वौ पृथक् राशी स्तः । भार एक प्रकारकं वलं । अतः तस्य मापः वलस्य मात्रकैः कर्तुं शक्यः नतु संहत्याः मात्रकैः । संहत्यां कोऽपि दिग्विषयको विचारः न भवति । अर्थात् संहतिर् एका अदिग्राशिर् (Scalor) इति । किन्तु भारस्य एका निश्चिता दिग् भवति । अर्थात् इयम् एका सदिग्राशिर् (vector) इति । अतएव वैज्ञानिकशुद्धतायाः दृष्ट्या अस्माभिर् वाच्यं यत् कस्यचिद् वस्तुनः संहतिः ५० ग्रामपरिमिता नतु तस्य भार तावत्परिमाणक इति । दृष्ट्या अनया भारमञ्जूषा (Weight Box) अपि संहतिमञ्जूषा इत्यभिधातव्या ।

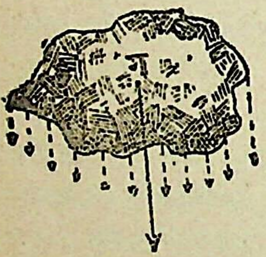
यदि चेद् कस्यचिद् पदार्थस्य संहतिः ग्रामपरिमाणेन निर्दिष्टा

चित्र ३.७

तर्हि तस्य भारः डाइनेपु संहत्याः प्रायशः ६८० गुणिताधिको भवति । यदि चेत् संहतिः पौण्डपरिमाणेन निर्दिष्टा भवति तर्हि पौण्डपरिमाणे भारः संहत्याः प्रायशः ३२ गुणिताधिको भवति ।

९. गुरुत्वकेन्द्रः (Centre of Gravity:—

पृथ्वी द्रव्यस्य (Matter) प्रत्येकं कणं स्वकीयं केन्द्रं प्रति समाकर्षति । अतः बलं प्रत्येकस्मिन् वस्तुनि ऊर्ध्वाधरतः कार्यं प्रारभते । अस्माभिः तद् बलं वस्तुनो भार इत्यभिधीयते । वस्तुनः सम्पूर्णो भार एकस्मिन् निश्चितबिन्दौ प्रयुक्तः इति कल्पितुं शक्यम् । कस्यामपि च स्थित्यां तद्वस्तुनः स्थापनात् भारस्य ऊर्ध्वाधररेखा सदैव तद्बिन्दुत एव परिसरति । कस्यामपि स्थित्यां वस्तुनः स्थापनात् वस्तुभारस्य ऊर्ध्वाधररेखा यतःसदैव परिसरति तन्निश्चितबिन्दुः तस्य वस्तुनः गुरुत्वकेन्द्र इत्यभिधीयते ।

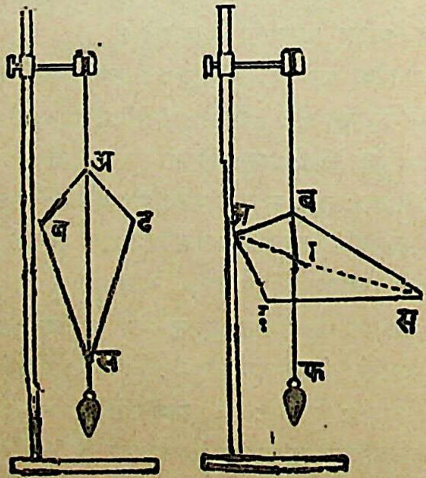


चित्रम् ३.८

१०. कस्यचिद् धातोः सूक्ष्मशकलस्य (Lamina)

गुरुत्वकेन्द्रोपलब्धिः—

धातुशकलमेकम् आदाय तस्य च अन्त्यभागे कुत्रचिद् छिद्रद्वयं विधातव्यम् । कल्पनीयं यत् छिद्रमेकं 'अ' इति बिन्दौ अन्यच्च 'ब' इति बिन्दौ कृतौ । प्रथमं 'अ' इति बिन्दौ सूत्रम् आबध्य धातुशकलं कस्मिंश्चिद् आधारे प्रलम्ब्यम् । आधारस्य च तस्मादेव बिन्दोः



चित्रम् ३-९

साधकसूत्रं (Plumb Line) प्रलम्बनीयं येन धातुशकलस्य तलं स्पृष्टं भवेत् । साधक-

सूत्रस्यास्य अवलम्बनेन शकले 'अ स' इत्येका ऊर्ध्वाधररेखा आकर्षणीया। ततश्च इदमेव शकलं 'व' इति बिन्दौ अवलम्बनीयम् साधकसूत्रस्य च साहाय्येन 'व' इति बिन्दोः निस्सरन्ती 'व फ' इत्येका ऊर्ध्वाधररेखा कर्त्तव्या। तर्हि यत्र 'अ स' 'व फ' इति च रेखे परस्परछेदनं कुरुतः स एव 'ग' इति बिन्दुः 'अ व स द' इति धातुशकलस्य गुरुत्व-केन्द्रो भविष्यति। यदि चेदस्माभिः धातुशकलं अन्येभ्यः बिन्दुभ्यः प्रलम्ब्यते तर्हि तेभ्यः बिन्दुभ्यः संसरन्तोः ऊर्ध्वाधररेखाः सदा 'ग' इति बिन्दुतः निर्गच्छन्ति।

११. सन्तुलनम् (Equilibrium)

किंचिद् वस्तु कस्मिंश्चिद् तले तस्यामेवावस्थायां स्थातुं शक्नोति यदा तस्य गुरुत्वकेन्द्रात् निर्गच्छन्ती ऊर्ध्वाधररेखा तस्य वस्तुनः आधारस्य अन्तरे तिष्ठेत्। यदि चेद् गुरुत्वकेन्द्रात् निर्गच्छन्ती ऊर्ध्वाधररेखा आधाराद् वहिः निस्सरति तर्हि तद्वस्तु अधः पतिष्यति। अस्तु कस्यचिद् वस्तुन आधारो यावान् महान् भविष्यति गुरुत्व-केन्द्रश्च यावानेव अधोवर्ती भविष्यति स तावन्मात्रमेव स्थायी भविष्यति। अस्माकं दैनिके जीवने अनेकानीदृशानि उदाहरणानि दृश्यन्ते यत्र साम्यावस्थायां वस्तूनां संस्था-पनार्थं तेषां गुरुत्वकेन्द्रतः निर्गच्छन्ती ऊर्ध्वाधररेखा आधारान्तरे संस्थाप्यते। यदैव ऊर्ध्वाधररेखा आधाराद् वहिर्भवति तदैव वस्तु निपतति। अस्य कतिपयानि उदाहर-णानि अधोलिख्यन्ते।

(१) यदि कश्चिद् मनुष्यः एकपार्श्वे भारं वहति तर्हि स अपरस्मिन् पार्श्वे विनमति यतः गुरुत्वकेन्द्रतः निर्गच्छन्ती ऊर्ध्वाधररेखा तस्य पादयोः मध्यस्थिता



चित्रम् ३-१०



चित्रम् ३-११

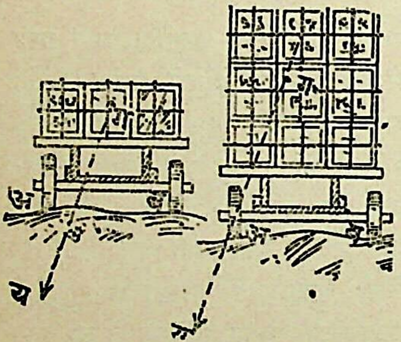


चित्रम् ३-१२

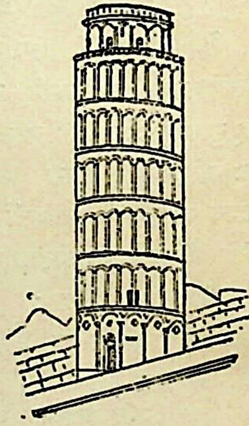
भवति। यदि चेद् कस्यचिद् दक्षिणकरे जलपूर्णं बाल्टीनामकं जलपात्रं स्यात् तर्हि स वामपार्श्वे नम्रीभवति। यदि चेद् पृष्ठे भारः स्यात् तर्हि मनुष्यः सम्मुखे नमति। यदि

चेद् मनुष्यः तुन्दिलो भवेत् तर्हि स पश्चभागे नम्रीभवति ।

(२) यदि चेद् कस्मिंश्चिद् शकटे अधिकोच्चैः घासः अन्यो वा कोऽपि लघुः पदार्थः विनिहितः स्यात् तर्हि स्वल्पेऽपि उच्चावचे स्थाने तस्य चक्रयोः प्राप्तत्वे: तच्छकटः विपर्यस्यति (चित्रम् अ) । यतः तस्य गुरुत्वकेन्द्रतः निर्गच्छन्ती ऊर्ध्वाधररेखा तस्याधारतः वहिर्भवति । किन्तु, यदि चेद् स्वल्पोच्छ्रितिपर्यन्तं कश्चिद् गुरुः पदार्थः विन्यस्तः तर्हि शकटः विपर्यासं न प्राप्नोति । (चित्रम् ब) ।



चित्रम् ३-१३ (ब)



चित्रम् ३-१४ (अ)

(३) नौकायाः अधोभागे गुरुपदार्थस्य निधानात् नौकाविपर्यासस्य भयं न भवति ।

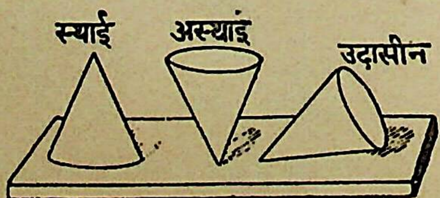
(४) कस्यामप्यवस्थायां विनिहिताः गुरुतलीयाः क्रीडनकाः सदैव ऊर्ध्वोन्मुखाः भवन्ति ।

(५) कीलकोपरि कस्यचिद् कार्कस्य प्रतिष्ठापनम् अशक्यम् भवति । किन्तु यदि तस्मिन् कार्के द्वे क्षुद्रकीलके अन्तर्निविश्येते तर्हि कार्कः कीलकोपरि अवतिष्ठति ।

(६) पिसानामकस्य (Pisa) स्थानस्य वक्रतापन्नोऽपि ध्रौव्यहरः न निपतति ।

१२. सन्तुलनं त्रिविधं भवति :—

१—स्थायि (Stable) २—अस्थायि (Unstable) ३—उदासीनश्च (Neutral)

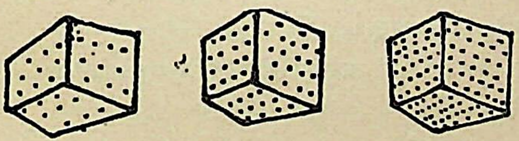


चित्रम् ३.१५

यदि चेत् किंचिद् वस्तु स्वसंतुलनात् स्वल्पेऽपि अपसारणे भूयः पूर्वावस्थां प्राप्तुं यतते तर्हि तदवस्था **स्थायिसन्तुलनम्** इत्यभिधीयते । यदि चेद् अपाकरणे तद्वस्तु भूयः स्वकीयां पूर्वावस्थां न प्राप्नोति अपितु स्वसन्तुलनावस्थातः अधिकदूरेऽपसरति तर्हि तत्सन्तुलनम् अस्थायिसन्तुलनम् इत्यभिधीयते । यदि चेद् किंचिद् वस्तु कस्याम्-प्यवस्थायां स्थिरं भवति तर्हि एतादृशम् सन्तुलनम् उदासीनंसन्तुलनम् इत्यभिधीयते ।

१३. घनत्वम् (Deurity)

विश्वस्य सर्वे पदार्थाः घनाः द्रवाः वाष्पात्मकः वा भवन्ति । ते च स्वल्पकणानां संयोगेन निर्मिता भवन्ति । किन्तु कतिपयानां वस्तूनां कणाः नैकट्यं कतिपयानांच दूरत्वं भजन्ति । ३.१६ इति चित्रे (अ) इत्यस्य कणाः अतिसमीपवर्त्तिनः (व) इत्यस्य किंचिद्-दूरवर्त्तिनः (स) इत्यस्य च अतिदूरवर्त्तिनः सन्ति । भङ्ग्यन्तरेण कथितुं शक्यते यत् (अ) इति घनस्य कणाः अतिसघनाः (व) इत्यस्य ततोऽल्पीयांसः सघनाः (स) इत्यस्य च अल्पिष्ठाः सघनाः सन्ति । अर्थात् (अ) इत्यस्य घनत्वं सर्वाधिकम् (व) इत्यस्य ततो न्यूनतरम् (स) इत्यस्य च न्यूनतमम् अस्ति । अतः यदि विभिन्नानां घनानां एकघनसेन्टी-मीटरपरिमितानि शकलानि गृह्यन्ते तर्हि तेषां संहतयः विभिन्नाः भवन्ति । वस्तूनां मात्र-कायतनस्य संहतय एव तेषाम् घनत्वमित्यभिधीयते ।



चित्रम् ३.१६

मीटरपद्धत्यां आयतनस्य मात्रकं एकसेण्टीमीटरं भवति । अतएव कस्यचिद् वस्तुनः एकघनसेन्टीमीटरायतनस्य ग्रामेण मापिता संहतिः **घनत्वम्** इत्यभिधीयते । आँग्लप-द्धत्यांच कस्यचिद् वस्तुनः एकघनफुटायतनस्य पौण्डेन मापिता संहतिः तस्य वस्तुनः **घनत्वमित्यभिधीयते** ।

यदि चेत् कस्यचिद्वस्तुनः 'आ' इत्यायतनस्य संहतिः 'म' इति भवेत् तर्हि तस्य घनत्वम्, $घ = \frac{म}{आ}$ अथवा $आ = \frac{म}{घ}$ अथवा $म = आ \times घ$ एषां सूत्राणां साहाय्येन कयोरपि द्वयोः राश्योः ज्ञातत्वे सति अस्माभिस् तृतीयराशिः ज्ञायते ।

जलस्य घनत्वम्—जानीमोः वयं यत् १घनसेन्टीमीटरजलस्य संहतिः १ग्रामः भवति । अतः मीटरपद्धत्यां जलस्य घनत्वं=१ग्राम / घ० से० मी० । आँग्लप्रणाल्यां यतः आयतनस्य मात्रकं एकघनफुटं भवति संहतिश्च पौण्डेन माप्यते अतः जलस्य घनत्वम्= ६२.५ पौ० / घ० फुट । दैनिकव्यवहारे प्रयुक्तानां कतिपयवस्तूनां घनत्वानि ।

पदार्थः	मीटरपद्धतिः	आँग्लपद्धतिः
ताम्रं	८.३ ग्रामा/०घ० से० मी०	५१८ पौण्डाः/घ० फुटम्
पारदः	१३.६ ,,	८५० ,,
रजतम्	१०.८ ,,	६५१ ,,
स्पिरिटम्	.८३ ,,	५१.७ ,,

उदाहरणम्—कार्कस्य खंडस्यैकस्य आयतनं ४० घ० से० मी० इति भारश्च ८.८ ग्रामाः तर्हि तस्य घनत्वम् उपलस्यम् ।

$$\because \text{घनत्वम्} = \frac{\text{संहतिः}}{\text{आयतनम्}} = \frac{८.८}{४०} = .२२ \text{ ग्रामः प्रतिघनसेन्टीमीटरम्}$$

उदाहरणम् (२)—यदि चेद् स्वर्णखंडस्यैकस्य संहतिः ८६.९४ ग्रामाः तस्य घनत्वञ्च १९.३२ ग्रामाः प्रतिघन से० मी० भवेताम् तर्हि तस्य आयतनम् उपलभ्यम् ।

$$\because \text{आयतनम्} = \frac{\text{संहति}}{\text{घनत्वम्}} = \frac{८६.४९}{१९.३२} = ४.५ \text{ घ० से०}$$

उदाहरणम् (३)—-१.५ ग्राम प्रतिघनसेन्टीमीटरं इति घनत्वशालिनि १०० घन से० मी० परिमिते मिश्रणे कियन्मात्रं जलं योजनीयम् येन तस्य घनत्वं १.४ ग्रामः प्रति घ० से० मी० इति स्यात् ।

कल्प्यं यत् मिश्रणे 'य' घनसेन्टीमीटरपरिमितस्य जलस्य योजनात् मिश्रणस्य घनत्वं १.४ इति भवति ।

∵ जलयोजनात् पूर्वं १०० घन से० मी० मिश्रणस्य संहतिः = १०० × १.५-ग्रामः=१५०ग्रामाः 'य' घन से० मी० इति परिमितस्य जलस्य च मेलने मिश्रणम् + जलायतनम्

=१०० + य घन से० मी०

मिश्रणस्य घनत्वञ्च = १.४ ग्रामः प्रति घ० से० मी०

∴ मिश्रणम् + जलस्य संहतिः=(१०० + य) १.४ ग्रामः प्रति घ० से० मी०

∴ 'य' घन से० मी० इति परिमितस्य जलस्य संहतिः 'य' इति ग्रामोऽस्ति तच्च १५० ग्रामपरिमिते मिश्रणे योजितम् । अतः सम्पूर्णा संहतिः=१५० + यः इति ग्रामाः

∴ १५० + यः=(१०० + यः) १.४

अथवा १५० + य=१४० + १.४ य

अथवा १५० − १४०=१.४ यः—य

अथवा १०=.४ य

अथवा य=$\frac{१०}{.४}$=२५

∴ मिश्रणे २५ घन० से० मी० इति परिमितं जलं मेलनीयम् । इत्युत्तरः ।

१४. आपेक्षिकं घनत्वम् (Relative Density)

यदि चेद् कस्यचिद् वस्तुनः कस्यचिद् आयतनस्य संहत्याः तुलना समायतननिकस्य जलस्य संहत्या क्रियते तर्हि सा निष्पत्तिः आपेक्षिकं घनत्वमिति नाम्नाभिधीयते । अतएव

$$\text{आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{वस्तुनः कस्यचिदायतनस्य संहतिः}}{\text{जलस्य तस्यैवायतनस्य संहतिः}}$$

$$= \frac{\text{वस्तुनः मात्रकायतनस्य संहतिः}}{\text{जलस्य मात्रकायतनस्य संहतिः}}$$

$$= \frac{\text{वस्तुनः घनत्वम्}}{\text{जलस्य घनत्वम्}} = \text{—}$$

अतः कस्यचिद् वस्तुनः कस्याप्यातनस्य संहतिः स्वसमानायतनिकस्य जलस्य संहत्या यावद्गुणिता भवति तदेव तस्य वस्तुन आपेक्षिकं घनत्वं भवति । अत आपेक्षिकं घनत्वम् एका शुद्धसंख्या भवति । तत्र किमपि मात्रकं न भवति । किन्तु तद्विपरीतं घनत्वे संहतिः आयतनमात्रकाणि च भवन्ति । यतः आपेक्षिकघनत्वस्य मानं मात्रकेभ्यः स्वतन्त्रं भवति अतएव प्रत्येकस्मिन् विधौ तस्य मानं समानमेव भविष्यति । किन्तु उभयोरपि विध्योः घनत्वमानं पृथगेव भविष्यति ।

१५. विधिद्वये घनत्वापेक्षिकघनत्वयोः सम्बन्धः—

उपरि साधितं यत् कस्यचिद्वस्तुन आपेक्षिकं घनत्वम्—

$$= \frac{\text{तद्ववस्तुनः घनत्वम्}}{\text{जलस्य घनत्वम्}}$$

∵ स० ग० स० इति विधौ जलस्य घनत्वम्=१ ग्रामः प्रति घन से० मी०

∴ स० ग० स० इति विधौ कस्यचिद्वस्तुनः आपेक्षिकं घनत्वम्=

$$= \frac{\text{तद्वस्तुनःघनत्वम्}}{\text{१ ग्राम प्रति घ० से० मी०}} = \text{तद्वस्तुनः आपेक्षिकं घनत्वम्}$$

अतएव स० ग० स० पद्धत्यां कस्यचिद्वस्तुन आपेक्षिकं घनत्वं संख्याया घनत्वेन तुल्यं भवति । किन्तु तत्र मात्रकाणि न भवन्ति ।

किन्तुः फ० प० स० इति पद्धत्यां जलस्य घनत्वं=६२.५ पौण्डानि प्र० घ० फुटं

∴ फ० प० स० पद्धत्यां वस्तुन आपेक्षिकं घनत्वम्

$$= \frac{\text{तद्वस्तुनः घनत्वम्}}{\text{६२.५ पौण्डानि प्रतिघनफुटम्}}$$

अतएव फ० प० स० पद्धत्यां कस्यचिद्वस्तुनः आपेक्षिकं घनत्वं तद्वस्तुनः घनत्वस्य ६२.५ इत्यनेन विभजनाद् उपलभ्यते । तत्र कानिचिन् मात्रकाणि च न भवन्ति ।

उदाहरणार्थं ताम्रस्य आ० घ० $= \dfrac{\text{ताम्रस्य घनत्वम्}}{\text{जलस्य घनत्वम्}}$

मीटरपद्धत्याम् $= \dfrac{\text{८.३ ग्रामाः । घ० से० मी०}}{\text{१ ग्रामः । घ० से० मी०}} = \text{८.३}$

आँग्लपद्धत्याम् $= \dfrac{\text{५१८ पौण्डानि । घ० फु०}}{\text{६२.५ पौण्डानि । घ० फु०}} = \text{८.३}$

१६. वाष्पात्मकस्य आपेक्षिकं घनत्वम्

सघनपदार्थस्य द्रवाणाञ्च आपेक्षिकं घनत्वं परिज्ञातुं तस्य घनत्वस्य तुलना जलघनत्वेन क्रियते । किन्तु, वाष्पात्मकस्य घनत्वं उपलब्धुं वाष्पात्मकघनत्वस्य तुलना हाइड्रोजन-घनत्वेन क्रियते ।

$\therefore$ वाष्पात्मकस्य आ० घ० $= \dfrac{\text{वाष्पात्मकस्य घनत्वम्}}{\text{हाइड्रोजनस्य घनत्वम्}}$

१७. आपेक्षिकं घनत्वं निम्नविधिभिः उपलभ्यते :—

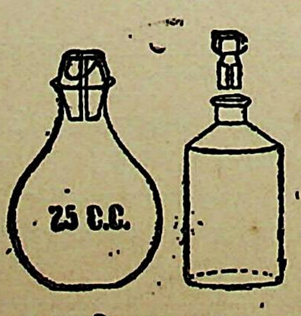
(१) आपेक्षिकघनत्वीयेन बोतलेन चूर्णितस्य द्रव्यस्य च,

(२) यू-नलिकया हेयरोपकरणेन च द्रवाणाम् ।

(३) आर्कमीडीसीयेन् सघनद्रव्यस्य च ।

१. आपेक्षिकघनत्वस्य बोतलम्—

उपकरणमिदं २५ अथवा ५० घ० से० मी० आयतनकं शीशकमयं बोतलं भवति यस्मिन् घृष्टशीशकमयोऽवरोधकः संयुज्यते । अवरोधके सुषिरमेकं भवति येन बोतलं सम्यक्तया ऊर्ध्वभागपर्यन्तं पदार्थेन पूर्यते । बोतलञ्चेदं द्रवाणां, पिष्टचूर्णानां अथवा क्षुद्रघनपदार्थानां आपेक्षिकघनत्वस्य परिज्ञानार्थं प्रयुज्यते ।



चित्रम् ३-१७

आपेक्षिकघनत्वायेन वोतलेन द्रवाणां अपेक्षिकघनत्वस्योपलब्धिः—प्रथमन्तु रिक्तं वोतलं तौल्यते। तदनु तस्मिन् उपरिभागपर्यन्तं द्रवं पूरयित्वा तत्तौल्यते। अन्ते च, वोतलं संशोध्य पूर्णतया जलेन आपूर्य तत् तौल्यते। द्वितीयाद् भाराद् प्रथमं भारं ऊनीकृत्य द्रवस्य भारः तृतीयाच्च भाराद् प्रथमं भारं ऊनीकृत्य समानायतनिकस्य जलस्य भार उपलभ्यते। तेन आपेक्षिकं घनत्वम् उपलब्धुं शक्यते। कल्पनीयं यतः—

केवलस्य आपेक्षिकघनत्वीयवोतलस्य भारः=$भ_१$ ग्रामः।

द्रवपूर्णवोतलस्य भारः=$भ_२$ ग्रामः

जलपूर्णवोतलस्य भारः=$भ_३$ ग्रामः

तर्हि द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{भ_२ - भ_१}{भ_३ - भ_१}$

शीशकगुटिकानां चूर्णितकणानां वा आयतनम् उपलब्धुं प्रथमं रिक्तवोतलं तौल्यते। तदनु वोतलस्य प्रायशः $\frac{१}{३}$ भागः चूर्णितकणैः पूर्यते। तदनन्तरं पुनः वोतलं तौल्यते। ततः चूर्णितकणैः सह जलं आपूर्य भूयः वोतलं तौल्यते। तदनन्तरं वोतलं विशोध्य केवलेन जलेन च पूर्णतया आपूर्य तत्तौल्यते।

कल्प्यम्

१. आपेक्षिकघनत्वीयवोतलस्य भारः=$भ_१$ ग्रामः

२. $\frac{१}{३}$ भागपर्यन्तं चूर्णितकणैः पूरितस्य बोतलस्य भारः=$भ_२$ ग्रामः

३. चूर्णितकणैः सह जलेन पूरितस्य बोतलस्य भारः=$भ_३$ ग्रामः

४. केवलेन जलेन पूरितस्य वोतलस्य भारः=$भ_४$ ग्रामः

तर्हि चूर्णिकणानां भारः=$भ_२ - भ_१$ ग्रामः

चूर्णितकणसमानायतनिकस्य जलस्य भारः=

$$= भ_२ - भ_१ + भ_४ - भ_३$$
$$= (भ_२ + भ_४) - (भ_१ + भ_३)$$

∴ चूर्णितकणानाम् आपेक्षिकघनत्वम्=

$$\frac{भ_२ - भ_१}{(भ_२ + भ_४) - (भ_१ + भ_३)}$$

उदाहरणम्—यदि चेद्

(क) कस्यचिद् आपेक्षिघनत्वीयस्य बोतलस्य भारः=१५.७५ ग्रामाः

(ख) स्वल्पबालुका + बोतलभारः = ५५.७५ ग्रामाः

(ग) बालुकोपरि जलपूर्णस्य बोतलस्य भारः=८९.७५ ग्रामाः

(घ) जलपूर्णस्य सम्पूर्णबोतलस्य भारः=६५.७५ ग्रामाः

तर्हि बालुकाया आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्।

∵ वालुकाभारः=५५.७५—१५.७५=४०ग्रामाः

वालुकातुल्यायतनिकस्य जलस्य भारः=(४० + ६५.७५)—८९.७५=१६ ग्रामाः

∴ वालुकायाः आ० घ०=$\frac{४०}{१६}$=२.५

यदि चेद् आपेक्षिकघनत्वीयस्य वोतलस्य साहाय्येन कस्यचिद् विलयनशीलस्य घन-पदार्थस्य चूर्णस्य आपेक्षिकघनत्वम् उपलभ्यं स्यात् तर्हि जलस्थाने कश्चिद् ईदृशः द्रवः गृह्यते यस्मिन् तच्चूर्णं विलीयते। तद्द्रवं प्रमाणीकृत्य चूर्णितकणानाम् आपेक्षिकं घनत्वं गृह्यते। अन्ते च यत्फलमुपलभ्यते तद्द्रवस्य आपेक्षिकघनत्वेन् गुण्यते। अतः चूर्णस्य

$$\text{आ० घ०}=\frac{\text{चूर्णस्य घनत्वम्}}{\text{जलस्य घनत्वम्}}=\frac{\text{चूर्णस्य घनत्वम्}}{\text{द्रवस्य घनत्वम्}}\times\frac{\text{द्रवस्य घनत्वम्}}{\text{जलस्य घनत्वम्}}$$

=द्रवं प्रमाणीकृत्य चूर्णस्य आ० घ० × द्रवस्य आ० घ०

उदाहरणम्—

यदि चेद् कस्यचिद् आपेक्षिकघनत्वीयस्य वोतलस्य भारः=१५.७५ ग्रामाः
स्वल्पलवणचूर्णनिहितस्य वोतलस्य भारः=५५.७५ ग्रामाः
लवणचूर्णोपरि स्पिरिटेन पूरितावशिष्टांशकस्य वोतलस्य भारः=८२.९५ ग्रामाः
स्पिरिटमात्रेण पूरितस्य वोतलस्य भारः=५५.७५ ग्रामाः

यदि चेद् स्पिरिटस्य आपेक्षिकघनत्वं ·८ स्यात् तर्हि लवणस्य आपेक्षिकघनत्वं उपलभ्यम्।

∵ लवणस्य भारः=५५.७५—१५.७५=४० ग्रामाः

लवणेन च अपसारितस्य स्पिरिटस्य भारः=४० + ५५.७५—८२.९५=१२.८ ग्रामाः

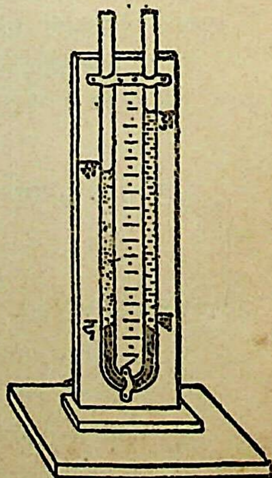
∴ स्पिरिटानुसारेण लवणस्यापेक्षिकं घनत्वम् = $\frac{४०}{१२.८}$

जलानुसारेण लवणस्यापेक्षिकं घनत्वम्=$\frac{४०}{१२.८}$ × ·८=२.५

∴ लवणस्य आ० घ०=२.५ इत्युत्तरः

(२) यूनलिका हेयरोपकरणञ्च—

(अ) यूनलिका—उपकरणञ्चेदं U इत्याकारिकैका नलिका भवति। अस्या भुजौ दशेञ्चदीर्घौ द्वादशेञ्चदीर्घौ वा भवतः। नलिका चेयं एकस्मिन् ऊर्ध्वाधरकाष्ठाधारेण संयुक्ता भवति। (चित्रम् ३·१८)



चित्रम् ३-१८

यदि चेद् द्वौ द्रवौ ईदृशौ भवेताम् यौ परस्परं न मिलतः न चापि तयोः कापि रासायनिकीक्रिया संजायते तर्हि तौ यूनलिकाया भुजद्वये परिपूर्य तयोः घनत्वस्य तुलना क्रियते। कल्प्यं यत् तैलघनत्वस्य तुलना जलघनत्वेन करणीया। प्रथमं गुरुद्रवः अर्थात् जलं यूनलिकायां पूरणीयम्। भुजद्वये

तस्योच्छ्रितिः समाना भविष्यति । ततः एकस्मिन् भुजे शनैः शनैः तैलं पूरणीयम् । यस्मिन् भुजे तैलं पूर्यते तत्र जलतलं अधो गमिष्यति अपरस्मिन् च तस्योच्छ्रितिः ऊर्ध्वं गमिष्यति । यदा द्रव्यद्वयं पृथक्कारिणः तलस्य उपरिभागे पर्याप्तोच्छ्रितिः भवेत् तदा भूयः तैलपूरणं न कर्त्तव्यम् । पृथक्कारिणः तलस्य ऊर्ध्वे च द्रव्यद्वयस्य उच्छ्रितिः मापनीया । यदि चेत् द्रव्यौ उभौ परस्परं विलयनशीलौ भवेताम्, यथा जलं स्पिरिटश्च, तर्हि प्रथमं यूनलिकायां स्वल्पोच्छ्रितिं यावत् पारदः पूरणीयः पारदतलस्य स्थितिश्च अधिलेखनीया । तदनु एकस्मिन् भुजे स्पिरिटम् अपरस्मिन् च जलं तावन्मात्रं पूरणीयं येन भुजयोरुभयोः पारदतलं भूयः स्वकीयां पूर्वावस्थां प्राप्नुयात् । पारदतलोपरि च द्रवयोः उच्छ्रिता मापनीये । कल्प्यं यत् तैलस्य उच्छ्रितिः ऊ$_1$ जलस्य च ऊ$_2$ स्याताम् । यतः उभयोः वायुसम्पीडनम् तुल्यमेव अतः द्रवयोरुभयोरपि सम्पीडनं तुल्यं भवेत् ।

∵ सम्पीडनम्=एकस्मिन् मात्रकक्षेत्रफले कार्यशीलो भारः ।

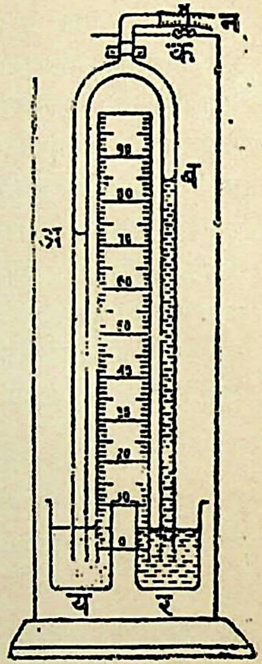
∴ भुजयोरुभयोर् एकवर्गसेण्टीमीटरतलीयसम्पीडनस्य विचारेण ऊ$_1$ घ$_1$=ऊ$_2$ घ$_2$ यत्र घ$_1$ घ$_2$ च क्रमशः तैलस्य जलस्य च घनत्वे स्तः ।

$$\text{अथवा } \frac{\text{घ}_1}{\text{घ}_2} = \frac{\text{द्रवस्य घनत्वम्}}{\text{जलस्य घनत्वम्}} = \frac{\text{जलस्योच्छ्रितिः}}{\text{द्रवस्योच्छ्रितिः}}$$

$$\therefore \text{ द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{जलस्योच्छ्रितिः ।}}{\text{द्रवस्योच्छ्रितिः ।}}$$

अतएव यू-नलिकया कस्यचिद् द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलब्धुं जलस्योच्छ्रितिः द्रवोच्छ्रित्या विभज्यते । घनत्वानां तुलनाकरणस्य साधारणनियमोऽयम् यत् द्रवाणां घनत्वानि तेषाम् उच्छ्रितीनां प्रतिलोमानुपातिनः भवन्ति ।

(ब) हेयरोपकरणेन—यदि चेद् द्रवावुभौ विलयनशीलौ भवेताम् तर्हि यू-नलिकायां पारदः निवीयते अथवा हेयरोपकरणं प्रयुज्यते । उपकरणमिदं ३.१९ चित्रे प्रदर्शितम् । उपकरणेऽस्मिन् द्वे शीशकनलिके एकस्मिन् ऊर्ध्वाधराधारे संयुक्ते भवतः । ते उभे उपरिभागे 'न' इति एकया रबरनलिकया संयुक्ते भवतः यत्र 'क' इत्येकं क्लिपं (Clip) निहितं भवति । नलिकयोरुभयोर्मध्ये मापनिकापि संयुक्ता भवति यया द्रवयोः तलस्य स्थितिः लक्ष्यते ।



चित्र ३.१९

कल्प्यं यत् स्पिरिटस्य जलस्य च घनत्वयोः तुलना करणीया। तर्हि 'र' इति बीकरे स्पिरिटं 'य' इति बीकरे च जलं ग्राह्यम्। उभौ बीकरौ नलिकयोरधोभागे इत्थं स्थाप्येते यत् नलिकामुखे द्रवौ पर्याप्तरूपेण अन्तर्निविष्टे स्याताम्। यतः यदा द्रवौ ऊर्ध्वम् आकृष्येते तदा द्रवयोः तले नलिकामुखतोऽधः न गच्छेताम् ततश्च 'न' इति नलिकां मुखेन संगृह्य वायुः ऊर्ध्वम् आकृष्यते। लक्ष्यं च द्रवौ कियन्मात्रम् ऊर्ध्वं गतौ। अवधानीयं यत् अधिकाकर्षणात् द्रवावुभौ मिलिष्यतः। यदा उच्छ्रितिः पर्याप्ता भवति तदा रबरनलिका 'क' इति क्लिपेन अवरुध्यते। आवश्यकं यत् 'क' इति क्लिपं वायुरोधकं भवेत् अन्यथा द्रवतले अधः गमिष्यतः। वायुसम्पीडनं तुल्यरूपं कर्तुं द्रवमेकं निस्सार्य अन्यं वा निधाय 'य' 'र' च इत्युभयोः बीकरयोः द्रवतले तुल्यरूपे करणीये। ततश्च बीकरतलात् स्पिरिटस्य जलस्य च उच्छ्रिती मापनीये। जलस्योच्छ्रितिः 'उ'२ इति 'ऊ'१ इति स्पिरिटस्य उच्छ्रित्या विभज्यते। ततः स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यते।

यतः द्रवयोः सम्पीडनम् केवलं उच्छ्रित्याश्रितं भवति ननु परिमाणाश्रितं अतो यदि भुजद्वयस्य नलिकयोः व्यासौ लघुदीर्घौ भवेताम् तर्हि तयोरुच्छ्रित्योपरि तस्य कोऽपि प्रभावो न भविष्यति।

उदाहरणम्—(१) यदि चेद् यूनलिकायां जलस्तम्भस्योच्छ्रितिः १२ सेण्टीमीटर-परिमिता भवेत् द्रवस्यान्यस्य उच्छ्रितिः १० सेण्टीमीटरपरिमिता भवेत् तर्हि द्रवस्यापेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्।

$$\because \text{द्रवस्यापेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{द्रवस्य घनत्वम्}}{\text{जलघनत्वम्}}$$

$$\frac{\text{जलोच्छ्रितिः}}{\text{द्रवोच्छ्रितिः}} = \frac{१२}{१०} = १.२$$

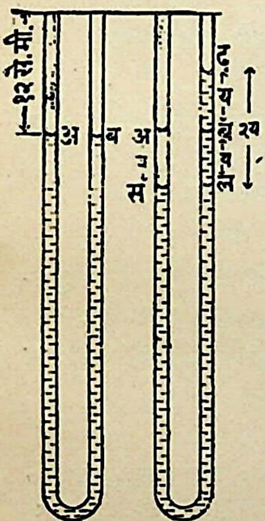
उदाहरणम् (२) यूनलिकायां पारदतलाद् उपरिभागे जलतलोच्छ्रितिः १६ सेण्टीमीटरपरिमिता भवेत् तर्हि ·८ आपेक्षिकघनत्वीयस्य स्पिरिटस्य कियन्मात्रिकया उच्छ्रित्या नलिकायाः भुजद्वये पारदतले समत्वं प्राप्स्यतः॥

$$\because \text{द्रवस्यापेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{जलोच्छ्रितिः}}{\text{द्रवोच्छ्रितिः}} \quad \text{अथवा} \quad ·८ = \frac{१६}{\text{द्रवोच्छ्रितिः}}$$

∴ द्रवोच्छ्रितिः= $\frac{१६}{८}$ से० मी=२०से०मी०

उदाहरणम् (३)यूनलिकायां एकस्यां पारदः पूरितः जलोर्द्ध्वे च केवलं १२ सेण्टीमीटरपरिमितं स्थानं रिक्तम् अस्ति । ·८ आपेक्षिकघनत्वीयेन तैलेन तत्स्थानं पूर्यते चेत् तर्हि का भवेत् तैलस्तम्भस्य सम्पूर्णोच्छ्रितिः ?

कल्प्यं यत् पूर्वं जलतलयोः स्थिति 'अ''ब' इति स्थानपर्यन्तं स्तः । 'अ' इत्यस्योर्द्ध्वे च १२ सेण्टीमीटरपरिमितोच्छ्रितिः तैलेन पूर्यते । यदा तैलं निधीयते तर्हि कल्प्यं यत् जलतलं य' सेण्टीमीटरं यावद् अधोः गच्छति एवञ्च तस्य स्थितिः 'स' इति स्थाने विद्यते । अन्यस्मिन् भुजे जलं 'ब' इति स्थानस्योपरि 'य' सेण्टीमीटरपरिमितं गच्छति । कल्पनीयम् यत तज्जलं 'द' इति स्थानं प्राप्नोति ।



चित्रम ३-२०

सम्प्रति 'स' इति विन्दोरुपरि वर्तिनः तलस्य जलस्य चोच्छ्रिती क्रमशः(१२+य) सेण्टीमीटराणि '२य' से० मी० च सन्ति ।

अतएव तैलस्यापेक्षिकं घनत्वम्:—

$$= \frac{\text{जलोच्छ्रितिः}}{\text{तैलोच्छ्रितिः}} \quad \text{अथवा} \; ·८= \frac{२य}{१२+य}$$

अथवा ९·६+·८ य=२य

अथवा १·२य =९·६

अथवा य=८ से० मी०

∴ तैलोच्छ्रितिः १२+८=२० से० मी०

(३) आर्किमिडीसीयेन सिद्धान्तेन आपेक्षिकघनत्वस्योपलब्धेर्विषयः पञ्चमाध्याये द्रष्टव्याः ।

प्रश्नाः

१—कस्यचिद्वस्तुनः संहत्या किम् बोध्यते ? संहत्याः भारस्य च सोदाहरणः भेदः व्याख्येयः ।

२—तौलनात्पूर्वं तुलायाः कीदृशी परीक्षा कर्त्तव्या तौलनसमये कान्यवधानानि कार्याणि ।

३—विस्तरेण विवेचनीयं यत् समीचीना तुला कीदृशैर्वैशिष्ठ्यैर्युक्ता भवति ?

४—अशुद्धतुलया शुद्धभारस्योपलब्धेर्विधयः व्याख्यातव्याः गणितद्वारा च सूत्राणि साधनीयानि ।

एकस्याः सदोषायाः तुलायाः भुजौ २०, २१ इत्यनुपातयुक्तौ स्तः । यदि चेत् ४ किलोग्रामपरिमिता सामग्री अपेक्ष्यते वणिक्च लघुभुजे सामग्रीं निधाय तां तौलयति तर्हि तस्य कति हानिः भविष्यति ? (उ० ·२ किलोग्रामः)

५—पृथ्वीतले वस्तूनां भारः सर्वाधिकः भवति उत्तुङ्गे अधःस्थिते च स्थाने भारः ह्रसति । किमर्थम् ?

६—"भौतिकीतुलया संहत्याः तुलना कुण्डलिनीतुलया च भाराणां तुलना क्रियते" उक्तेरस्या युक्तियुक्तं समर्थनं कर्त्तव्यम् ।

७—'गुरुत्वकेन्द्रः' इत्यस्य पदस्य कोऽभिप्रायः ? प्रतनुधातुशकलस्य गुरुत्वकेन्द्रः कथम् उपलभ्यते ?

८—वस्तूनां सन्तुलनानि कति प्रकारकाणि ? सोदाहरणं व्याख्यातव्यम् ।

९—घनत्वस्य आपेक्षिकघनत्वस्य च कोऽर्थः ?

स० म० स० इति पद्धत्यां घनत्वस्य आपेक्षिकघनत्वस्य च परिमाणतुल्यत्वस्य किन्तु फ० प० स० इति पद्धत्यां तयोः परिमाणभिन्नत्वस्य च को हेतुः ?

१०—अल्मुनियमशकलस्यैकस्य आयतनम् ४० घनसेण्टीमीटरपरिमितम् तस्य संहतिश्च १०८ ग्रामपरिमिता । तर्हि तस्य घनत्वं किं भविष्यति ?
(उत्तरम् २·७ ग्रामा प्रति घ० से० मी०)

११—द्रावकशकलस्यैकस्य घनत्वं ·८८ ग्रामः प्रतिघन से० मी० इति तस्यातनञ्च ३० घनसेण्टीमीटरपरिमितम् । तस्य संहतिर्ज्ञातव्या ? (उत्तरम् २६.४ ग्रामाः)

१२—लौहशकलस्यैकस्य संहतिः १९६.५ ग्रामपरिमिता अस्ति । यदि चेद् तस्य घनत्वं प्रतिघनसेण्टीमीटरे ७.८६ ग्रामपरिमितं भवेत् तर्हि तस्यायतनं किं भविष्यति ?
(उत्तरम् २५ घनं से० मी०)

१३—कस्यचिद् आयताकारशकलस्य दैर्घ्यं ६ सेण्टीमीटरपरिमितम्, विस्तारः ४ सेण्टीमीटरपरिमितः स्थौल्यञ्च २ सेण्टीमीटरपरिमितम् । यदि चेद् तस्य घनत्वं प्रतिघनसेण्टीमीटरे ११.३ ग्रामपरिमितं भवेत् तर्हि तस्य संहतिर् उपलभ्या ?
(उत्तरम् ५४२.४ ग्रामाः)

१४—१.५ ग्रामप्रतिघनसेण्टीमीटरघनत्वीये ३०० घनसेटीमीटरपरिमिते मिश्रणे कियन्मात्रं जलं प्रक्षेपणीयं येन प्रतिघनसेण्टीमीटरे तस्य घनत्वं १.३ ग्रामपरिमितं भवेत् ?
(उत्तरः २०० घन से०मी०)

१५—यदि चेद् प्रतिघनसेण्टीमीटरे स्पिरिटस्य घनत्वं .८५ ग्रामपरिमितं स्यात् तर्हि स्पिरिटे कियन्मात्रं जलं (प्रतिघनसेण्टीमीटरे १ ग्रामपरिमितघनत्वीयं) प्रक्षेप्यं येन प्रतिघनसेण्टीमीटरे मिश्रणस्य घनत्वं .९ ग्रामपरिमितं जायेत ?

(उत्तरम्—१०० घन से० मी०)

१६— आपेक्षिकघनत्वीयेन बोतलेन द्रवस्य चूर्णस्य च आयतनं कथम् उपलभ्यते ?

१७—आपेक्षिकघनत्वीयस्यैकस्य बोतलस्य भारः २५ ग्राम परिमितः। यदा तत् जलेन पूर्यते तर्हि तस्य भारः १२५ ग्रामपरिमितो भवति यदा च गन्धकाम्लकेन पूर्यते तदा तस्य भारः १४३ ग्रामपरिमितो भवति। गन्धकाम्लकस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ? (उ० १·१८)

१८—आपेक्षिकघनत्वीयस्यैकस्य बोतलस्य भारः २० ग्रामपरिमितः। यदा बोतलं उदकेन पूर्यते तर्हि भारः ७० ग्रामपरिमितः भवति यदा च ग्लिसरीनेन पूर्यते तदा भारः ८३ ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि ग्लिसरीनस्य आपेक्षिकं घनत्वम उपलभ्यम्। (उ० १·२६)

१९—यदि चेद् २० ग्रामभारयुक्तस्य आपेक्षिकघनत्वीयस्य बोतलं जलेन पूर्यते तर्हि तस्य भारः ७० ग्रामपरिमितो भवति यदि चेद् स्पिरिटेन पूर्यते तर्हि तस्य भारः ६० ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्।

(उ० ·८)

२०—कस्यचिद् आपेक्षिकघनत्वीयस्य बोतलस्य भारः २०·३५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदा तस्मिन् २३ ग्रामपरिमितान् शीशककणान् निक्षिप्य तदुपरि जलं पूर्यते तर्हि भारः ६१·७७ ग्रामपरिमितो भवति। यदा च पूर्णं बोतलं केवलेन जलेन पूर्यते तर्हि भारः ४०·७५ ग्रामपरिमितो जायते। शीशकस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० ११·५)

२२—कस्यचिद् आपेक्षिकघनत्वीयस्य बोतलस्य भारः २०·५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। तस्मिन् स्वल्पबालुकां निक्षिप्य तत्तोल्यते ततः तस्य भारः ४५० ग्रामपरिमितो भवति। वालुकोपरि जलं निक्षिप्य तोलनात् भारः ६५·५ ग्रामपरिमितो भवति। यदातु केवलं जलपूर्णं बोतलं तोल्यते तर्हि भारः ५०·५ ग्रामपरिमितः संजायते। तर्हि वालुकाया आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० २·५)

२२—आपेक्षिकघनत्वीयस्यैकस्य बोतलस्य भारः २१·७५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। स्वल्पलवणे निक्षिप्ते तस्य भारः ४५·७५ ग्रामपरिमितो भवति। चूर्णोपरि स्पिरिटे निक्षिप्ते बोतलस्य भारः ६१·७५ ग्रामपरिमितः संजायते। केवलेन स्पिरिटेन पूरितस्य बोतलस्य भारः ४५·७५ ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि लवणचूर्णस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वम् ·८) (उ० २·४)

२३—जलपूर्णस्य आपेक्षिकघनत्वीयस्य बोतलस्य भारः ४५·६५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदि चेद् तत्र १६·८० ग्रामपरिमिताः क्षुद्रशीशकगुटिकाः निक्षिप्य तज्जलेन पूर्यते तर्हि तस्य भारः ६०·६९ ग्रामपरिमितो भवति। अस्तु, शीशकगुटिकाया आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्।

२४—आपेक्षिकघनत्वीयस्यैकस्य बोतलस्य भारः २१·७५ग्रामपरिमितोऽस्ति। तस्य तलप्रदेशे स्वल्पपारदस्य निक्षेपणात् भारः ४८·९५ ग्रामपरिमितो जायते। पारदोपरि जले निक्षिप्ते बोतलभारः ६६·९५ ग्रामपरिमितो भवति। केवलेन जलेन पूरितस्य च बोतलस्य भारः ४१·७५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। अस्तु, पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० १३·६)

२५—आपेक्षिकघनत्वीयस्यैकस्य बोतलस्य भारः २५·३ ग्रामपरिमितोऽस्ति। जलेन आपूर्य तस्य तौलनाद् तस्य भारः ५०·३ ग्रामपरिमितो भवति। वैन्ज़ीननामकेन पदार्थेन आपूर्य तौलनात् तस्य भारः ४७·७ ग्रामपरिमितो भवति। अस्तु, वेन्ज़ीनपदार्थस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्॥ (उ० ·८९६)

२६—जलपूर्णस्य आपेक्षिकघनत्वीयस्य बोतलस्य भारः ४५·५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। ७·५ ग्रामपरिमितबालुकया तदुपरि च जलेन पूरितस्य बोतलस्य भारः ५०·० ग्रामपरिमितो भवति। अतः बालुकाया आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० २·५)

२७—यूनलिकया हेयरोपकरणेन वा आपेक्षिकं घनत्वं कथम् उपलभ्यते ?

यदि चेद् जलस्योच्छ्रितिः १३·५ सेण्टीमीटर-परिमिता तैलस्य चोच्छ्रितिः १५ सेन्टीमीटरपरिमिता तर्हि तैलस्यापेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० ·९)

२८—यू-नलिकायामेकस्यां पारदं निक्षिप्य तदुपरि एकस्मिन् भुजे २० सेण्टीमीटरोच्छ्रितिं यावत् जलं पूर्यते। ततः कियन्मात्रोच्छ्रितिं यावत् (अ) ०·८ आपेक्षिकघनत्वीयं स्पिरिटं (ब) १·२५ आपेक्षिकघनत्वीयं ग्लिसरीनं पूरणीयं येन भुजयोरुभयोः पारदतलं समोच्छ्रितिकं भवेत्। [उ० (अ)२५से०मी०, (ब) १६से०मी०]

२९—एकस्यां यू-नलिकायां स्वल्पं पारदं निक्षिप्य तदुपरि २०·४ सेंटीमीटरोच्छ्रितिपर्यन्तं जलं पूर्यते। यदि चेद् पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वं १३.६ इति भवेत तर्हि भुजयोर्द्वयोः पारदस्य तलयोर् अन्तरं वक्तव्यम्। [उ० १·५ से० मी०]

३० —यू-नलिकायामेकस्यां जलोपरि ६ सेंटीमीटरपरिमितिकोच्छ्रिती रिक्ता, तद्रिक्तस्थानं ०·८ इति आपेक्षिकघनत्वीयेन तैलेन पूर्यते। तर्हि का स्यात् तैलस्तम्भस्य उच्छ्रितिः ? (उ० १० से० मी०)

३१—एकस्याः यू-नलिकाया एकस्मिन् भुजे पारदं निक्षिप्य तदुपरि २१·६ सेण्टीमीटर-परिमितोच्छ्रितिं यावत् जलं निक्षिप्यते द्वितीये च भुजे १० सेण्टीमीटरपरिमितोच्छ्रितिं यावत् ०·८ इत्यापेक्षिकघनत्वीयं स्पिरिटं पूर्यते। तर्हि पारदस्य उभयोर्तलयोरन्तरम् किं स्यात्। [उ० १ से० मी०]

३३—यू-नलिकायामेकस्यां जलोपरि ११ सेण्टीमीटरपरिमितं स्थानं रिक्तं वर्तते। तत्तु .९ आपेक्षिकघनत्वीयेन जलेन पूर्यते तर्हि कियन्मात्रिका स्यात् सम्पूर्णजलस्तम्भस्योच्छ्रितिः ? (पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वम्=१३·६)

[उ० २७·२ से० मी०]

३४—यू-नलिकापेक्षया हेयरोपकरणे किं वैशिष्ट्यम् ? यदि चेद् एकस्मिन् हेयरोपकरणे १.२ आपेक्षिकघनत्वीयस्य द्रवस्य उच्छ्रितिः १५ सेण्टीमीटरपरिमिता स्यात् तर्हि कियन्मात्रा जलोच्छ्रितिः स्यात् ?

३५—एकस्यां सूक्ष्मनलिकायां २० सेण्टीमीटरपरिमितदैर्घ्यं यावत् पारदः पूरितः। यदि चेत् पारदस्यापेक्षिकं घनत्वं १३·६ इति स्यात् नलिकायाश्च आभ्यन्तरिको व्यासः २ मिलीमीटरपरिमितो भवेत् तर्हि पारदभार उपलभ्यः।

[उ० ८·५४ ग्रामाः]

३६—एकस्याः सूक्ष्मनलिकाया आभ्यन्तरिकः परिच्छेदः ४ वर्गमिलीमीटरपरिमितोऽस्ति। यदि तत्र १३·६ ग्रामपरिमितः पारदः पूर्यते तर्हि तेन नलिकायाः कियन्मात्रकं दैर्घ्यं पूर्यते ? (पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वम् १३·६ इति) [उ० २५ से०मी०]

३७—१०० सेण्टीमीटरपरिमितदैर्घ्ययुक्तायां सूक्ष्मनलिकायामेकस्यां पारदः पूरितः। पारदे निस्सार्य तोलनात् तद्भारः ४२·७०४ ग्रामपरिमित इति ज्ञायते। यदि चेद् पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वं १३·६ तथा च π इत्यस्य मानं ३·१४ भवेत् तर्हि नलिकायाः व्यास उपलभ्यः। [उ० ०·२ से० मी०]

३८—एकस्यां सूक्ष्मनलिकायां १२५ सेण्टीमीटरदैर्घ्यं यावत् पारदः पूरितः यस्य आपेक्षिकं घनत्वं १३·६ इति भारश्च २१३.५२ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदि चेत् π= ३.१४ तर्हि नलिकाव्यास उपलभ्यः। [उ० ०.४ से० मी०]

—:०:—

चतुर्थोऽध्याय

द्रव्यस्य सामान्यगुणधर्माः

(General properties of Matter)

घनद्रववाष्पकात्मकानि द्रव्याणि ।

१— विश्वे घनद्रववाष्पकात्मकास्ववस्थासूपलभ्यन्ते द्रव्याणि । प्रत्येकस्या अवस्थायाः कतिपया: विशिष्टगुणधर्माः । केचिद् गुणधर्माः द्रव्याणां सर्वास्ववस्थासु उपलभ्यन्ते । तेऽधोलिखिताः—

१—**द्रव्यं स्थानम् आवृणोति**—प्रत्येकं वस्तु स्वकीयायतनानुसारेण आकाशे स्थानम् आवृणोति । यत्राकाशे किञ्चिद् वस्तु तिष्ठति तत्र अन्यद् वस्तु प्रवेष्टुं न शक्नोति । यदि कस्यचिद् बोतलस्य मुखं जले निमज्ज्यते तर्हि जलं बोतलाभ्यन्तरे न प्रविशति । यतः वायुना बोतलस्य स्थानम् आवृतमस्ति । यदि चेद् बोतलस्य मुखं किञ्चिद् साचीकृत्य निर्गमनावकाशो दीयते तर्हि वायुः निर्गच्छति जलेन च तस्यं स्थानम् पूर्यते । जले यदा शर्करा विलाप्यते तर्हि प्रतीयते यद् शर्करा तदेव स्थानं व्याप्नोति यत्र जलं वर्तते किन्तु, वस्तुतः शर्कराणुभिः (Molecules of suger) जलाणूनामन्तरा वर्तमानं रिक्तस्थानमेव पूर्यते । यदा काष्ठे कश्चिच्छंकुः निवेश्यते तर्हि शंकुना यत्स्थानमधिक्रियते ततः काष्ठोऽपसरति ।

२—**द्रव्यं भारान्वितं भवति**—स्थानावरकत्वेन सहैव प्रत्येकप्रकारकं द्रव्यं भारान्वितं भवति । वस्तुतोऽस्माभिः तद्वस्तु एव द्रव्यमिति नाम्नाधीयते यस्मिन् भारो वर्तते । केषाञ्चिद् वस्तूनां भारो न्यूनः केषाञ्चिच्चाधिको भवति । एको लोहदण्डः तुल्या-यतनकाद् काष्ठदण्डाद् गुरुतरो प्रतीयते । कतिचिद्वस्तूनि तावल्लाघवयुक्तानि भवन्ति यावदस्माभिः तेषां भारो नानुभूयते । किन्तु एकस्याः शुद्धतुलायाः साहाय्येन तेषां भारो विज्ञेयो भवति । यदि चेद् पादकन्दुकस्य निर्वातो ब्लेडरः तोलयित्वा वायुना संपूर्यते भूयश्च तोल्यते तर्हि द्वितीयावस्थायां पूर्वापेक्षया अधिको भारः ज्ञायते । यदि कश्चिद् लौहखण्ड उत्तोल्य तप्यते तदनु च भूयो तोल्यते तर्हि भारयोरुभयोमध्ये किञ्चिद् अन्तरं न जायते । अतो सिध्यति यत् तापे कश्चिद् भारो न भवति । अतः तापो द्रव्यन्नास्ति । स तु केवलम् ऊर्जाया एकः प्रकारः ।

३—**द्रव्यम् अवरोधकारक भवति**—यदि चेद् कुड्याभिमुखं गमनं क्रियते तर्हि संघातो जायते । यदा अस्माभिः जले गतिः क्रियते तर्हि विशेषायासः प्रयुज्यते यतः जलेन

अस्माकं गतिर् अवरुद्धयते। तीव्रे वायौ प्रवहति यदि अस्माभिः द्विचक्रिकया (Cycle) वायुविपरीतायां दिशि गमनं क्रियते तर्हि वायुप्रयुक्तावरोधो सम्यक्तया अनुभूयते।

४—द्रव्याणाम् अनेकक्षुद्रखण्डेषु विभाजनं शक्यम्—

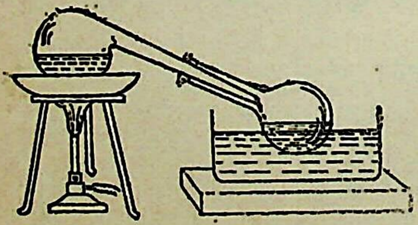
यस्यां कस्याञ्चिद् अवस्थायां वर्तमानः पदार्थं अर्थात् घनावस्थः द्रवावस्थः वाष्पकावस्थो वा पदार्थः अनेकलघुखण्डेषु विभाज्यो भवति। महती प्रस्तरशिलायाः शकलीकृतायाः चूर्णं वायुना प्रवाह्यं भवति। द्रवपदार्थोऽपि अतिक्षुद्रबिन्दुरूपेण विभाज्यो भवति। किन्तु, द्रव्यशकलीकरणस्यापि एकावधिर्भवति। कस्यापि पदार्थस्य निरन्तरं शकलीकरणाद् अन्ततोगत्वा एकेदृशी अवस्था समुपतिष्ठते यदग्रे पुनः शकलीकरणात् पदार्थगुणाः सर्वथा नश्यन्ति। स्वतन्त्ररूपेण अवस्थातुं समर्थः द्रव्यस्य लघिष्ठः कणः, यत्र सर्वे पदार्थगुणा उपलभ्यन्ते, तदणुरिति नाम्नाधीयते। अणुघटकाः पदार्थाणां सूक्ष्मखण्डाः परमाणुरिति नाम्नाभिधीयन्ते। परकाणवः स्वतन्त्रभावेन अवस्थातुम् असमर्थाः भवन्ति। केवलं रासायनिकीषु क्रियासु तेषां प्रवृत्तिर्भवति। परस्परसंश्लेषाच्च ते स्वतन्त्रभावेन अवस्थातुं समर्थान् अणून् निर्वर्त्तयन्ति। प्राचीनवैज्ञानिकानां मते परमाणवः अविभाज्या इत्येवाभिमताः। अतएव डाल्टनमहोदयेन परमाणूनां ऐटमः (Atom) इत्यभिधानं कृतम्। ऐटम इति पदस्य अर्थोऽविभाज्य इति। किन्तु अर्वाचीनैरनुसन्धानैः साधितं यत् परमाणुः अनेकेषु सूक्ष्मखडेषु विभाज्यो भवति। परमाणुघटकानां तेषां सूक्ष्मखण्डानां नामानि क्रमशः इलेक्ट्रानं, प्रोटानं न्यूट्रानञ्चेति।

अत्रावधेयं यत् भारतीयमहर्षीणां मतं अद्यापि अक्षुण्णमेव। डाल्टनमहोदयैः स्वीकृताः परमाणवः काणादनये त्रसरेणव एव। काणादसिद्धान्ते न केवलं परमाणव अपितु द्वयणुका अपि सर्वथैवातीन्द्रियाः भवन्ति। अतो तेषां विखण्डनकल्पनापि नोदेति।

कस्यापि पदार्थस्य अणवः सर्वथा परस्परसंश्लिष्टाः न भवन्ति। कठिनतमानां गुरुतमानाञ्च पदार्थाणाम् मध्ये पर्याप्तं रिक्तस्थानं वर्तते। शून्यस्थानमिदम् अन्तरावकाश इत्यभिधीयते। घनद्रववाष्पकात्मकास्वस्थासु अन्तरावकाशस्यैव भेदो भवति। घनात्मके द्रव्ये स्वल्पान्तरावकाशो भवति द्रवे च ततोऽधिकतरः वाष्पकात्मके च अधिकतमान्तरावकाशो भवति। यदा जलं वाष्परूपं गृह्णाति तदा तस्यायतनं १६०० गुणितं वर्द्धते। एतदेव कारणं यत् जलापेक्षया वाष्पे १६०० गुणितोऽधिकः अन्तरावकाशो भवति। यदा कस्यचिद् पदार्थस्य अवस्थापरिवर्त्तनं भवति तर्हि मध्यावकाशपरिवर्तनादेव आयतनपरिवर्तनं भवति। अणूनां स्वकीयाकारस्तु यथावदेव तिष्ठति। घनद्रववाष्पकात्मकास्ववस्थासु च अणव स्वरूपैक्यं निर्वहन्ति यदा सैन्धवः सलिले विलाप्यते तदा लवणस्य परमाणवः जलपरमाणूनां मध्यवर्ति रिक्तस्थानं तथैव व्याप्नुवन्ति यथा प्रस्तरगुटिकापूर्णं शीशकपात्रं सैकतकणैः व्याप्यते।

५—**द्रव्याणि सुषिरमयाणि भवन्ति**-सर्वेषां सुविदितप्रायमेव यत् मृण्मये घटे सुराहीति-नामके मृद्भाण्डे च छिद्राणि वर्तन्ते यतः सलिलं बहिः निस्सरति भाण्डस्योर्ध्ववर्तितलं च सदैव आर्द्रं भवति । मसिशोषकपत्रस्य सुषिराणि मसिना पूर्यन्ते । एतादृशेषु वस्तुषु प्रचुरावकाशकानि छिद्राणि भवन्ति । अन्येष्वपि वस्तुषु सुषिराणि वर्त्तन्ते किन्तु तानि अतिसूक्ष्मावकाशकानि भवन्ति । अनुपलिप्तेभ्यः चीनिकपात्रेभ्यः सलिलं सारल्येन बहिः निस्सरितुं न अर्हति किन्तु समीरकणाः सौकर्येण निर्गच्छन्ति । यदि चेद् शीशकपात्रं जलेनापूर्य गाढं सम्पीड्यते तर्हि मृण्मयघटवत् ततोऽपि जलं बहिः निस्सरतीति दृश्यते । सैकतपरमाणूनां मध्ये प्रायशः ४० प्रतिशतं शून्यस्थानं वर्त्तते तत्तु सुषिरावकाश इति नाम्नाभिधीयते ।

६—**द्रव्याणि अविनश्वराणि भवन्ति**-यद्यपि द्रव्याणां स्वरूपपरिवर्तनं भवति किन्तु तेषां विनाशः कदापि न सम्भाव्यते । जले विलाप्यमानायां शर्करायां प्रतीयते यत् शर्करा विनाशोन्मुखा । किन्तु, शनैः शनैः वाष्पीकरणात् जले उत्पात्यमाने समग्रशर्करा पुनरुपलभ्यते । प्रज्वाल्यमानायां द्रावकवर्त्तिकायां प्रतीयते यत्वर्त्तिकायाः सम्पूर्णो द्रावकः विनश्यति । किन्तु, वस्तुतः वायौ द्रावके प्रज्वाल्यमाने कार्बनडायाक्साियडनामकः पदार्थविशेषः जलवाष्पश्च निर्मीयेते । यदि चेत् कार्बनडायाक्सायिडं वाष्पश्चोभे एकत्रीकृत्य तोल्येते तर्हि तयोः संहतिः द्रावकात् समीराच्च परिगृहीतावसीजनपदार्थस्य संहत्या तुल्या भविष्यतीति । जले उत्ताप्यमाने प्रतीयते यज्जलं विनश्यति । किन्तु ४-१ चित्रे प्रदर्शितरीत्या यदि जलवाष्पः संगृह्य तोल्यते तर्हि वाष्पभारः सर्वथैव जलभारेण तुल्यो भवति । इत्थमनेकैरुदाहरणैः प्रमाणीकर्त्तुं शक्यं यत् द्रव्यस्य विनाशः कदापि न भवति ।



चित्रम् ४-१

२—घनात्मकद्रव्याणां विशिष्टगुणधर्माः

१—**दार्ढ्यम् (Rigidity)**—प्रत्येकस्य घनात्मकवस्तुनः निश्चितैकायतनं निश्चितैकाकृतिश्च भवति । यदि चेद् घनात्मकवस्तूनां आकृतिपरिवर्तनार्थं बाह्यतः किञ्चिद् बलं प्रयुज्यते तर्हि घनात्मकपदार्थेण तस्य विरोधः क्रियते । अयमेव गुणः घनात्मकद्रव्यस्य दार्ढ्यमित्यभिधीयते ।

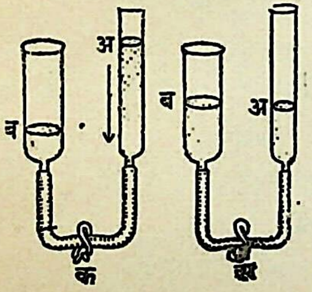
२—**धातवर्ध्यता (Malleabitity)**—गुणादेवास्मात् हस्तकेन (हथौड़ा) आहत्य धातूनां विस्तारः क्रियते । स्वर्णं रजतञ्च आहननात् अतिसूक्ष्मपत्रिकारूपेण परिवर्त्येते । अतएवोभये धातवर्द्धनीये स्तः ।

३—तन्यत्वम् (Ductibility)—गुणादस्माद् धातूनां सूक्ष्मतन्तूनि आकृष्यन्ते। स्वर्णे रजते च तन्यत्वमधिकं भवति किन्तु शीशके न तथा।

४—काठिन्यम् (Hardness)—गुणादेवास्मात् कस्मिंश्चिद् वस्तुनि इतरेण वस्तुना विलेखनम् अशक्यप्रायं भवति लौहात् शीशकं शीसकाच्च हीरकं कठोरतरं भवति।

३—द्रवाणां गुणधर्माः—(१) द्रवाणां काचिद् नियताकृतिर् न भवति। यस्मिन्नेव पात्रे द्रवः निधाप्यते स तस्यैवाकृतिं गृह्णाति। किन्तु तस्यायतनं भवति।

२—द्रवः उच्चस्थानात् निम्नं प्रति प्रवहति। गतिहीनावस्थायां द्रवस्य तलं क्षैतिजं भवति। द्रवस्य परमाणवोऽतिस्निग्धाः भवन्ति। अतो यदैव द्रवस्य तले किञ्चिद-न्तरं जायते द्रवे गतिः प्रादुर्भवति सोऽधश्च प्रयाति। द्रवः तदैव स्थिरो भवति यदा तस्य तलं क्षैतिजं वर्तते। ४.२ इति चित्रस्य 'अ' इति भुजायाः द्रवाच्छ्रितिः 'ब' इति भुजातोऽधिकतरा। अतः 'क' इति रोधन-कापसारणात् द्रवः 'अ' इति भुजातः 'ब' इति भुजां प्रति यास्यति। अन्ततः भुजयोर्द्वयोः द्रवस्य तलं समानं भवति। यथा प्रदर्शितं 'ब' इति चित्रे।



चित्रम् ४.२ अ, ब

द्रवतलस्य नियतं क्षैतिजत्वम् इत्थं वर्ण्यते यत् द्रवः सदैव स्वतलस्य अन्वेषणं करोति। तथ्यमिदं विभिन्नाकृतिकाभिः नलिकाभिः युक्तमुपकरणम् आदाय प्रयोगद्वारेण प्रमाणीकर्तुं शक्यते। यदा तत्र जलं निधाप्यते तदा सर्वासु नलिकासु जलोच्छ्रितिः समानैव भवति। यथा ४.२ इति चित्रे प्रदर्शितम्।

३—द्रवेण सर्वासु दिक्षु सममेव सम्पीडनं प्रयुज्यते। सम्पीडनदिक् च द्रवस्य लम्ब-रूपा भवति।

४—द्रवो बिन्दुरूपेण विभाज्यो भवति सीकराश्च भूयो मेलयितुं शक्याः भवन्ति।

४—वाष्पकानां (Gas) गुणधर्माः—(१) वाष्पकानां काचिन् नियताकृतिः नियता-यतनं च न भवतः। कस्मिंश्चिद् पात्रे यावन्मात्रं वाष्पकं पूर्यते तेन सम्पूर्णं पात्रं व्याप्यते। द्रववत् वाष्पकस्य तलं न भवति।

२—सम्पीडनात् वाष्पकं भृशं सङ्कोचयितुं शक्यते। प्रतिलोमानुपातात् च सम्पीडनस्य वाष्पकायतनं ह्रसति।

३—वाष्पकाणूनाम् अन्तराले प्रचुरान्तरावकाशो भवति। सम्पीडनस्य न्यूनीकरणात् अभीष्टसीमापर्यन्तं तस्य वृद्धिः कर्तुं शक्या॥

विशेष : आधुनिके वैज्ञानिकग्रन्थे वर्तमानं द्रव्यादिस्वरूपवर्णनं दृष्ट्वा वैशेषिकादिभार-तीयशास्त्राणां अध्येतारः कदाचिद् व्यामोहं प्राप्नुवन्ति। पाश्चात्यवैज्ञानिकैः क्षित्य-

स्तेजोवाय्वादीनां यौगिकत्वं प्रतिपाद्य भारतीयानां पञ्चतत्त्वसिद्धान्तं प्रति च आक्षेपः क्रियते। अतो विप्रतिपत्तिनिरासाय साम्प्रतिकवैज्ञानिकसिद्धान्तवर्णनात्मकेऽस्मिन् ग्रन्थे द्रव्यस्वरूपादिवर्णनात्मकः आर्षसिद्धान्तः संक्षेपेणेह वर्ण्यते:—

सर्वप्रथमं न्यायवैशेषिकमतयोर् निबन्धनात्मके विश्वनाथपञ्चाननभट्टकृते ग्रन्थे वर्तमानाः द्रव्यादिस्वरूपविषयिण्यः कारिका उद्धृत्य समीक्षाचक्रवर्तिभिः गोलोकवासिभिः श्रीमधुसूदनशर्मभिः कृतः तद्विषयकाक्षेपनिरासोऽत्र निबध्यते। अस्तु,

द्रव्यं गुणस्तथाकर्मसामान्यं सविशेषकम्।
समवायस्तथाऽभावः पदार्थाः सप्त कीर्त्तिताः ॥२॥

क्षित्यप्तेजो मरुद्व्योमकालदिग्देहिनो मनः।
सप्तानामपि साधर्म्यं ज्ञेयत्वादिकमुच्यते ॥३॥

द्रव्यादयः पञ्चभावाः अनेके समवायिनः।
सत्तावन्तस्त्रयस्त्वाद्या गुणादिर्निगुणक्रियः ॥१४॥

समवायिकारणत्वं द्रव्यस्यैवेति विज्ञेयम्।
गुणकर्ममात्रवृत्ति ज्ञेयमथवाप्यसमवायिहेतुत्वम् ॥२३॥

अन्यत्रनित्यद्रव्येभ्य आश्रितत्वमिहोच्यते।
क्षित्यादीनां नवानां तु द्रव्यत्वं गुणयोगिता ॥२४॥

क्षितिर्जलं तथा तेजः पवनो मन एव च।
परापरत्वमूर्तत्वक्रियावेगाश्रया अमी। २५॥

कालखात्मदिशां सर्वगतत्वं परमं महत्।
क्षित्यादिपञ्चभूतानि चत्वारि स्पर्शवन्ति हि ॥२६॥

द्रव्यारम्भश्चतुर्षु स्यादथाकाशशरीरिणाम्।
अव्याप्यवृत्तिः क्षणिको विशेषगुण इष्यते ॥२७॥

रूपद्रवत्वप्रत्यक्षयोगिनः प्रथमास्त्रयः।
गुरुणी द्वे रसवती द्वयोर्नैमित्तिको द्रवः ॥२८॥

आत्मानो भूतवर्गाश्च विशेषगुणयोगिनः।
यदुक्तं यस्य साधर्म्यं वैधर्म्यमितरस्य तत् ॥२९॥

स्पर्शादयोऽष्टौ वेगाख्यः संस्कारो मरुतो गुणाः।
स्पर्शाद्यष्टौ रूपवेगौ द्रवत्वं तेजसो गुणाः ॥३०॥

स्पर्शादयोऽष्टौ वेगश्च गुरुत्वं च द्रवत्वकम्।
रूपं रसस्तथा स्नेहो वारिण्येते चतुर्दश ॥३१॥

स्नेहहीना: गन्धयुता: क्षितावेते चतुर्दश ।
बुद्ध्यादिषट्कं संख्यादिपञ्चकं भावना तथा ॥३२॥
धर्माधर्मौ गुणा एत आत्मनः स्युश्चतुर्दश ।
संख्यादिपञ्चकं कालदिशोः शब्दश्च ते च खे ॥३३॥
संख्यादयः पञ्च बुद्धिरिच्छा यत्नोऽपि चेश्वरे ।
परापरत्वे संख्याद्याः पञ्च वेगश्च मानसे ॥३४॥

तत्र क्षितिर्गन्धहेतुर्नाना रूपवती मता ।
षड्विधस्तु रसस्तत्र गन्धस्तु द्विविधो मतः ॥३५॥
स्पर्शस्तस्यास्तु विज्ञेयो ह्यनुष्णाशीतपाकजः ।
नित्यानित्याच सा द्वेधा नित्या स्यादणुलक्षणा ॥३६॥
अनित्या तु तदन्या स्यात्सैवावयवयोगिनी ।
साच द्विधा भवेद्देहमिन्द्रियं विषयस्तथा ॥३७॥
योनिजादि भवेद्देहमिन्द्रियं घ्राणलक्षणम् ।
विषयो द्व्यणुकादिश्च ब्रह्माण्डान्त उदाहृतः ॥३८॥

वर्णः शुक्लो रसस्पर्शौ जले मधुरशीतलौ ।
स्नेहस्तत्र द्रवत्वं तु सांसिद्धिकमुदाहृतम् ॥३९॥
नित्यतादि प्रथमवत् किन्तु देहमयोनिजम् ।
इन्द्रियं रसनं सिन्धुर्हिमादिर्विषयो मतः ॥४०॥
उष्णस्पर्शस्तेजसस्तु स्याद्रूपं शुक्लभास्वरम् ।
नैमित्तिकं द्रवत्वं तु नित्यतादि च पूर्ववत् ॥४१॥
इन्द्रियं नयनं वह्निस्वर्णादिर्विषयो मतः ।
अपाकजोऽनुष्णा शीतः स्पर्शस्तु पवने मतः ॥४२॥

तिर्यग्गमनवानेष ज्ञेयः स्पर्शादिलिङ्गकः ।
पूर्ववन्नित्यतायुक्तं देहव्यापि त्वगिन्द्रियम् ॥४३॥
प्राणादिमहावायुपर्यन्तो विषयो मतः ।
आकाशस्य तु विज्ञेयः शब्दो वैशेषिको गुणः ॥४४॥

इन्द्रियं च भवेच्छ्रोत्रमेकः सन्नप्युपाधितः ।
जन्यानां जनकः कालो जगतामाश्रयो मतः ॥४५॥

परापरत्वधीहेतुः क्षणादिः स्यादुपाधितः ।
दूरान्तिकादिधीहेतुरेका नित्या दिगुच्यते ॥४६॥

उपाधिभेदादेकापि प्राच्यादिव्यपदेशभाक् ।
आत्मेन्द्रियाद्यधिष्ठाता करणं हि सकर्तृकम् ॥४७॥

शरीरस्य न चैतन्यं मृतेषु व्यभिचारतः ।
तथात्वं चेदिन्द्रियाणामुपघाते कथं स्मृतिः ॥४८॥

मनोऽपि न तथा ज्ञानाद्यनध्यक्षं तदा भवेत् ।
धर्माधर्माश्रयोऽध्यक्षो विशेषगुणयोगतः ॥४९॥

प्रवृत्त्याद्यनुमेयोऽयं रथगत्येव सारथिः ।
अहंकारस्याश्रयोऽयं मनोमात्रस्य गोचरः ॥५०॥

साक्षात्कारे सुखादीनां करणं मन उच्यते ।
अयौगपद्याज्ज्ञानानां तस्याणुत्वमिहेष्यते ॥८५॥

(इति मुक्तावल्याम्)

अथ वैद्यके—रसो गुणस्तथा वीर्यं विपाकः शक्तिरेव च ।
पञ्चानां यः समाहारस्तद् द्रव्यमिति कीर्त्यते" ॥ (इति सुश्रुते)

यत्राश्रिताः कर्मगुणाः कारणं समवायि यत् तद् द्रव्यम् इति चरके । "रसादीनां पञ्चानां यदाश्रयभूतं तद् द्रव्यम्" इति भावप्रकाशे तच्चेतनवदचेतनञ्च" चेतनञ्च द्विविधं अन्तश्चेतनं वहिश्चेतनं इति चरक सूत्रम् ।

अथ श्रीमधुसूदनशर्मणां विवेचनम् :—

१—इह तावद् वैदेशिकाः वैज्ञानिकाः जगदुपादानभूतानि तत्वान्यनुसन्दधानाः पञ्चषष्ठि (६५) विधानि, द्वानवतिविधानि (ततोऽप्यधिकविधानि) वा तत्वानि निरूपयन्ति :—

१—आक्सिजन (Oxygen)=(अग्निः—वाय्ववस्थः)
२—हाइड्रोजन (Hydrogen)=(आपः—वाय्ववस्थः)
३—नाइट्रोजन (Nitrogen)=(वायुः—वायुविशेषावस्थः)
४—कार्बन (Carbon)=(पृथ्वी—वायुविशेषावस्थः)
५—क्लोरीन (Chlorin)=

इति पञ्चवाष्प रूपाणि

१—ब्रोमीन (Bromine)—इत्येकं तरलरूपम् ।
१—आयोडीन (Iodin)

२—फ्लूरीनम् (Flurine)
३—सल्फरम् (Sulpher)
४—सिलिनियमम् (Silinium)
५—सिलिकणम् (Silicon)
६—बोरनम् (Boron)
७—फास्फोरसम् (Phosphorus)
८—टेल्यूरियमम् (Tellurium)
९—आर्सेनिकम् (Arsenic)

॥ इति नवैतानि घनरूपाणि ॥

तदित्थं पञ्चदशैते पदार्था अधातवः। असंयुक्तदशायां शुद्धेन स्वरूपेणादृश्यत्वात्। तथान्ये पोटाश (Patah) प्रभृतयः पञ्चाशत् पदार्थाः धातवः। असंयुक्तदशायां विशुद्धेन स्वरूपेण दृश्यत्वात्। तथा चैतानि पञ्चषष्टिर्मितान्येव सर्वजगदुपादानभूतानि तत्वानि-इति विजानीयात् ॥

(भारतीयान् प्रति पाश्चात्यानामाक्षेपः)

२—अथ भारतीयाः विद्वांसः पृथ्वी, जलं तेजो, वायुराकाशमिति पञ्चतत्वान्याहुः। यूनानदेशीयास्तु यवनाः पृथ्वी, जलं, तेजो, वायुरूपाणि चत्वारि तत्वानि मन्यन्ते। वस्तुतस्तु नैतानि तत्वानि इति ब्रूमः। साइन्स-विद्यायां तेषां यौगिकतायाः प्रत्यक्षीकरणात्। तथाहि पृथ्वी तावत् स्वर्णरजतलौहहीरकपारदगन्धकादीनां सप्ततितत्वानां समष्टिमात्रं विज्ञायते। एवमाक्सिजनहाइड्रोजनयोर्नियतमात्रायाः संश्लिष्टयोः समवायो जलम् आक्सिजननायट्रोजनयोर्नियतमात्रयोः संश्लेषसिद्धो वायुः। अग्निशब्देन यदि तापो विवक्ष्यते तर्हि स पदार्थानामवस्थाविशेषः स्यात्। नत्वेष कश्चन पदार्थः सम्भवति। अथार्चिश्चेदग्निर्विवक्ष्यते तर्हि स भूवायुस्थाक्सिजनस्याङ्गाराख्येन कार्बणतत्वेन संयोगाद् यौगिकोऽर्थः स्यात्। अथेदमाकाशमपि न किञ्चिद्वस्तु संभवति। पृथिव्यादिपदार्थानामवस्थानायावकाशमात्रस्य तस्य शून्यरूपत्वेनापदार्थत्वात् ॥

यत्त्विदमाकाशमुपरिष्टान्नीलवर्णो दृश्यते इत्याहुः—तदपि भ्रान्तिमात्रम्। अतिघनीभूतस्य बहुविस्तृतस्य वायुसंघस्यैवेत्थं नीलिम्ना प्रत्यक्षभूतत्वात्। अथ वायो रूपं नास्तीति वैशेषिकनैयायिकादयोऽभिमन्यन्ते। तदप्येतेनैव नीलिम्नः साक्षात्कारेण प्रत्याख्यातं वेदितव्यम्। तथा च नैतानि पञ्चभूतानि तत्वानीति सिद्धम् ॥ इति ॥

(भारतीयैः कृतमाक्षेपसमाधानम्)

३—अत्रोच्यते। यदित्थं केचन वैज्ञानिकाः सनातनं भारतीयविज्ञानं प्रत्याक्षिपन्ति तत् तेषां बालचापल्यमात्रम्। एकान्ततस्तेषां भारतीयविज्ञानानभिज्ञत्वात् तथा चाभाणकमाहुः

न स्थाणोरपराधोऽयं यदन्धो नैनमीक्षते।
चक्षुर्दोषादुलूकोऽयं सूर्यज्योतिर्न पश्यति ॥१॥

१—पञ्चभूतानि

१—गुणाः, २—अणवः ३—रेणवः ४—स्कन्धाः ५—सत्वानि। इत्येवं पंचविधानीह भारतीयानां नये भूतानि। १—तत्र शब्द, स्पर्श, रूप, रस, गन्धाख्यानि तन्मात्रासंज्ञानि गुणभूतानि। २—आकाश, वायु, तेजो, जल, पृथिव्याख्यानि अणुभूतानि। एतन्नामान्येव च पञ्चीकृतरूपाणि यौगिकानि महाभूतानि तानि त्रिविधानि अणुरूपाणि, स्थूलरूपाणि, सत्वरूपाणि चेति। तत्र यौगिकानामेषामणूनि रेणवः। तेषामेव स्थलानि स्कन्धाः। शरीरेन्द्रिय-विषयारब्धरूपाणि सत्वानि तेषु गुणभूतान्यणुभूतानि चैकद्रव्यत्वादिह तत्वानि विवक्ष्यन्ते। नत्वपराणि महाभूतानि। तेषां पञ्चीकृतरूपतया बहुद्रव्यत्वाद् भारतीयैरेव यौगिकत्वेनाभ्युपेतत्वात्। अणुभूतानि तु पञ्चीकरणोपादानभूतान्यसंयुक्तरूपतया तत्वानि। तान्यजानद्भिर्यौगिकानि महाभूतान्युदाहृत्यायमाक्षेपः क्रियते। तदश्रद्धेयमिति विरम्यते ॥

(अनिलानलाकाशादीनां श्रीमद्भिर्मधुसूदनशर्मभिः कृतं विवेचनम् ग्रन्थस्यास्य वायुतापशब्दादीनां प्रकरणेषु यथास्थलं सन्निविष्टम्। अतो तत्तत्रैव द्रष्टव्यम्। प्रकृते तु सलिलपृथ्वीस्वरूपवर्णनमुद्ध्रियते)

अथापो विविच्यन्ते। "आपो द्रवाः स्निग्धाः" इति वैशेषिकं सूत्रम्। ता एवा आपश्चतुर्धा भवन्ति। श्रूयते हि—

"आत्मा वा इदमेक एवाग्र आसीत्। स इमान् लोकानसृजत्—अम्भो मरीचिर्मर आपः। अदोऽम्भः परेण दिवं द्यौः प्रतिष्ठा अन्तरिक्षं मरीचयः पृथिवी मरः। या अधस्तात् ता आपः। सोऽद्भ्यः पुरुषं समुद्धृत्यामूर्छयद्। इति ॥ (ऐ० प्रा० १।१।१) ॥

तत्रेदमम्भः सूर्यादुपरि वायुलोकस्थं वायुभूतम्। तदेवेदं पाश्चात्यानां हाइड्रोजनशब्देनाख्यातं सम्भाव्यते। हायिड्रोजनस्य जलप्रजननतत्वरूपत्वादेव हेतोर अस्याग्नेयसोमेन आक्सिजसंज्ञेन संयोगाज्जलभूतं प्रजायते। "कंस्विद् गर्भं प्रथमं दध्र आप" इति श्रुतौ अग्निं गर्भं दध्र इति सिद्धान्तात्। गुणाणुरेणुस्थूलसत्वेति पञ्चवा विभक्तेषु प्रथमद्वयातिरिक्तानां त्रसरेणुप्रभृतीनां यौगिकानां भूतानां अग्नीषोमीयत्वसिद्धान्तादग्निसोमसंयोगादेवोत्पत्तेः सिद्धान्ताच्च।

तत्र चैष द्विविधः सोमो भवति दिक्सोमो भास्वरसोमश्च। तत्रायं दिक्सोमः सर्वाकाशपरिव्यापि विशुद्धरूपोऽग्निः दाह्योऽर्थः। स मुख्यः सोमः। स एवायं दिक्सोमो विज्ञायते यमेते पाश्चात्या आक्सिजनशब्देनाचक्षते। तमिह भारतीया विद्वांसः पवमानशब्देनाहुः। पवमानो नामायं सोमो नूनमग्निना घोरेण सम्पन्नतमो घोराग्निशब्देनाप्याख्यायते। ऋग्वेदीयनवममण्डले सोमत्वेन प्रतिपन्नस्य अग्न्याधेयप्रकरणे घोराग्नित्वेनाख्यातत्वात् तदाग्निसंयोगादेवैता आपो द्रवा दृश्यन्ते। "अपां संघातो विलयनं च तेजः संयोगादिति" वैशेषिकसूत्रे द्रवणस्याग्निमूलकतैव सिद्धान्तितत्वात्

अप्सु प्रविष्टोऽयमग्निर्द्रवत्वसमपर्कभावेन परिणमते तस्मादेष द्रवीभूतोऽर्थोऽग्निसोमसंयोगकृतरूपतया यौगिक एवेष्यते। न तत्वम् यत्र त्वदृश्ये कस्मिश्चिदणुभूतेऽर्थेऽयमग्निः

संयुज्यमानो द्रवरूपेण परिणमते ता एता आपोऽणुभूतास्तदम्भो नाम अम्भश्चेदं रसपदार्थः स रसोगुणः । तेन च गुणेन रसेनापोऽर्थो गुणी सोऽणुः ता आपः । "आपो हिष्ठा मयो भुवस्तान ऊर्जे दधातन । यो वः शिवतमो रसस्तस्य भाजयते हनः"

इति श्रुतौ अपामणूनां रसगुणकत्वेन आम्नानात् गुणिनमन्तरा चायं गुणः पृथक्त्वेन कथञ्चिदपि नोपपद्यते । तस्माद् गुणविशिष्टोऽणुः पदार्थः ।। अथैषां पाश्चत्यानां हायिड्रोजनपदार्थश्चाणुः । यस्तु पुनरयमाक्सोजनविशिष्टो हायिड्रोजननामार्थः स नाणुः किन्तु त्रसरेणुर्नामयौगिकोऽर्थः प्रकल्पते । त्रसरेणूनां च संघातः स्थूलभूताख्यो भवति । स च सुतरां यौगिकोऽर्थः स्यात् तस्य स्थूलजलस्य यौगिकत्वेन भारतीयैरेवाभ्युपेतत्वाद् वास्तविकेषु भारतीयवैज्ञानिकतत्वेष्वयमाक्षेपो नतरां वैज्ञानिकसमाजे शोभते इति विद्वद्भिर्निष्पक्षपातबुद्ध्या पर्यालोच्यम् ।।

५ – पृथ्वी

अद्भ्यः पृथ्वी श्रूयते आपो वा इदमग्रे सलिलमासीत् । तेन प्रजापतिः श्राम्यत् कथमिदं स्यादिति । सोऽपश्यत् पुष्करपर्णेऽतिष्ठत् सोऽमन्यत अस्ति वैतत् यस्मिन्निदमधितिष्ठत् आपो वै पुष्करपर्णम् । तदप्रथयत् ।। तत्र तावदिमा आपोऽतप्यन्त । यदेताः पर्यप्लवन्त तदासां तपः । परिप्लवमानानामपामन्तर्वायुरविशत् स बुद्बुदोऽभवत् । तत्रायं वायुनिरुद्धास्वप्सु परिगृहीतो निरुद्धः सन् प्रत्यतिष्ठत् । प्रतिष्ठा ह्ययं त्रयीविद्या ब्रह्मतत्वम् । तथाच क्षुद्रक्षुद्राणां बहूनामेषां बुद्बुदानां प्रतिष्ठाभावेऽपां स्निग्धतायाः वायोश्च रूक्षतायाः परस्परोपमर्देन सांकर्य्यादपूर्वं फेनोऽजायत । स पुनः सूर्यरश्मिभिरतप्यत । प्रतप्तोत्थिते तस्मिन् सोमो वायुरविशत् । सोऽन्तर्यामसम्बन्धेन प्रत्यतिष्ठत् । सेयं प्रतिष्ठा पुनरन्या त्रयीविद्या ब्रह्मतत्वम् । तत ऊषरा मृदभवत् । तदिदमस्याः मृत्तिकायास्तात्त्विकं रूपम् । ता एता मृदः सूर्याग्नितप्ताः सोमवायुयुक्ताः सिकता अभवन् । ताः शर्करा भूत्वा स्वयमातृण्णाः सत्यः क्रमेणाश्मानो भवन्ति । अश्मभ्यः पुनरयः । अयसो हिरण्यम् । तथा च आपः[1], फेनः[2], ऊषः[3], सिकताः[4], शर्करा[5], अश्मा[6], अयः[7], हिरण्यम्[8] इत्येतैरष्टविधै रूपैः संप्रथनादियमद्भ्यः प्रथिता पृथिव्यभवत् । एषामेवाष्टानां पृथ्वीरूपाणां संघातोऽयमष्टाक्षरगायत्रछन्दा अग्निर्भूतमयो भूपिण्डः । तत्रौषधिवनस्पतयस्सृज्यन्त । तेनेमां पृथिवीं प्राच्छादयत् । ता वा एता नवसृष्टयः । तस्मादाहुः – त्रिवृदग्निरिति । इयं ह्यग्निरिति श्रूयते अभूद्वा इयं प्रतिष्ठा तस्माद् भूमिर्नाम । स एष पृथिवीतत्त्वस्य सृष्टिक्रमो भवति । तथा चायं पृथिवी पिण्डोऽष्टानामेव पृथिवीधातुविशेषाणां संघातो न तु पञ्चषष्टिविधां ततोऽप्यधिकानां वा भूततत्त्वानामिति विज्ञेयम् ।।

। पञ्चभूतानि ।

तानीमानि पञ्चभूतानि । तेषामेषां भूतानामिदं भूतत्वं बहिरिन्द्रियग्राह्यगुणकत्वं विज्ञायते । पञ्चभूततत्त्वेभ्योऽतिरिक्तानां प्राणतत्वानां मानसतत्त्वानां वा बहिरिन्द्रियग्राह्यगुणकत्वादर्शनात् शब्दस्पर्शरूपरसगन्धा इतीमे भूतगुणा भवन्ति । ते च श्रोत्रत्वक्चक्षुर्जि-

ह्वाघ्राणेभ्यो बहिरिन्द्रियेभ्य: क्रमेण गृह्यन्ते । पश्चाप्येते भूतगुणा: सूर्यरश्मिविशेषसंयोगादेवाजायन्त । तथा चैष सहस्रसंख्याकेषु सूर्यरश्मिषु विलक्षण: कश्चित्सूर्यरश्मिरप्सु प्रविष्टोऽन्तर्यामसम्बन्धेन परिगृहीत: सूत्रोक्तलक्षणवायुना स्तब्ध: संहब्धो भूत्वा प्रतिष्ठामापन्न: सन् गन्धो नाम गुण: प्रजायते । तत्र च पूर्वंपूर्वं भूतगुणा: क्रमेणावतीर्णा: संसृष्टा: संहन्यमाना भवन्तीति सर्वत: प्रथमोऽयमेकगुण आकाशो, द्विगुणो वायु:, त्रिगुणं तेज:, चतुर्गुणा आप:, पञ्चगुणा पृथ्वी संपद्यते ।।

तेषामेषां भूतगुणानामारम्भका: इमे सूर्य्यरश्मिविशेषा अग्निस्तत्वम् । अथ यावानयमत्र सूत्रात्मा वायु:— यावत्यो वा तत्र संहृता आप:— सोऽयं सोमो नामापरं तत्त्वम् । एषामेवापोऽग्नवायुविशेषाणां संयोगादिदमग्नीषोमीयं यद्रूपं प्रजायते तदिदं मैथुनीं सृष्टिं प्रजनयच्छुक्रं नामोत्तरं तत्त्वं प्रवर्तते— इति विज्ञेयम् ।। तस्मात् सन्त्येवाकाशादीनि योगरूढानि च पञ्चतत्वानीति सिद्धम् ।।

अथ ब्रूम:—पञ्चभूतान्येवैतानि तत्वानि भावनीयानि न तु पञ्चभूतपृथक्त्वेनैषामाक्सिजनप्रभृतीनां तत्त्वत्वोपपद्यते । तेषां पञ्चभूतातिरिक्तत्वासंभवात् । तथाहि—

विश्वव्यापी १ आकाश:— ईथर: (Aether)

वाष्पविधा: २ वायु: — आक्सिजनं[१] हायड्रोजनं[२] नायिट्रोजनं[३] कार्बनं[४]
सौम्य: आप्य: याम्य: आङ्गिरस:

क्लोरीनम्[५]
भार्गव:

अग्निजनकानि ३ तेज:— आयोडीनं[१] फ्लूरीनं[२] सलफरं[३] सिलिनियमं[४] सिलिकनं[५]
बोरनम्[६] फास्फोरसं[७] टेल्यूरियनं[८] आर्सेनिक:[९]

तरलम् ४ आप:— ब्रोमीनम् ।

घनभूतानि ५ पृथ्वी— सिसरेडप्रभृत्य: पञ्चाशद् घनपदार्था:

इत्येवमेषां पाञ्चभौतिकधर्मोपेतत्वात् पञ्चभूतेष्वेवैतेष्वन्तर्भावो द्रष्टव्य: । भारतीयविज्ञानानुसारेण पञ्चभूतरहस्यानभिज्ञत्वात् त्वेतानि पञ्चभूतेभ्य: पृथक्त्वेन परिकल्पयन्ति । वस्तुतस्तु नैतापि पञ्चभूतेभ्योऽनिरिच्यन्ते— इति सुदृढं विवेक्तव्यम् । शब्दभेदेन प्रतिपत्तिभेदेऽपि वैज्ञानिकधर्मभेदाभावादेषां पञ्चभूतवर्गे एव समावेशात् ।। इति ।।

—:०:—

प्रश्ना:

१- द्रव्याणां सामान्यगुणधर्माणां कोऽभिप्राय: ? विस्तरेण प्रत्येकस्य व्याख्या कर्त्तव्या ।
२- घनद्रव्याणां के विशेषगुणधर्मा: ? प्रयोगपूर्वकं वर्णनं करणीयम् ।
३- तरलद्रव्याणां के विशेषगुणधर्मा: ? उदाहरणै: स्पष्टीकरणीयम् ।
४- घनद्रववाष्पकात्मकद्रव्याणां गुणधर्माणां तुलना करणीया ।
५- पंचभूतसिद्धान्तं प्रति वैदेशिकानामाक्षेप: तत्समाधानञ्च सविस्तरं लिख्यताम् ।।

अध्याय : ५

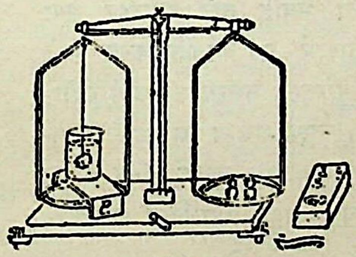
आर्किमिडीसीयः सिद्धान्तः

१—आर्किमिडीसीयः सिद्धान्तः

प्रयोग :—प्रथमं भौतिकतुलया वायौ लौहशकलमेकं तौलनीयम् ।

तदनु तुलापटलोपरि एकं काष्ठमयं लघ्वाधारफलकं संस्थाप्य तदुपरि जलपूर्णमेकं बीकरं संस्थाप्यम् । पुनश्च सूत्रसाहाय्येन लौहखण्डः जले प्रलम्बनीयः । एवंकृते लौहशकलस्य भारः जले ज्ञातव्यः । इत्थं विज्ञायते यत् जले निमज्जनात् लौहशकलस्य भारे न्यूनत्वं सञ्जातम् । भारयोरुभयोर् अन्तरस्य ग्रहणात् ऊनत्वमानं ज्ञायते ।

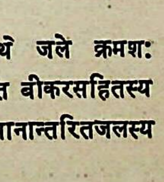
निर्गमनिकायुक्तमेकं शीशकपात्रम् आदाय तस्मिन् तावन्मात्रं जलं पूरणीयं यतः जल निर्गमनिकातः बहिः निस्सरेत् जलस्य बहिःनिस्सरणेऽवरुद्धे तौलितं बीकरमेकं निर्गम-



चित्रम् ५-१

निकाया अधःप्रदेशे निधातव्यम् । तदनु सूत्रबद्धं लौहशकलं पात्रस्थे जले क्रमशः निमज्जनीयम् । लौहशकलेन स्थानान्तरितं जलं बीकरे गमिष्यति । सम्प्रति बीकरसहितस्य जलस्य भारः ज्ञातव्यः । तस्माच्च भारात् बीकरभारम् ऊनीकृत्य स्थानान्तरितजलस्य भारो ज्ञायते ।

घनपदार्थस्य जले विनिमज्जनात् तस्य भारे यन्न्यूनत्वं सञ्जातं तस्य स्थानान्तरित-जलस्य भारेण तुलनाकरणात् उभयं परस्परं तुल्यमेव इति विज्ञायते ।

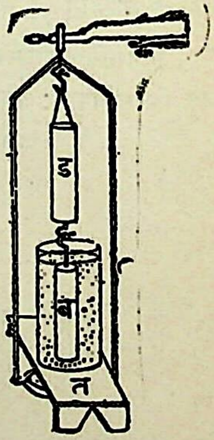


चित्रम् ५-२

सिद्धान्तोऽयं भारतीयैर्मनीषिभिः पूर्वमेव गोचरीकृत एव आसीत् किन्तु, भारतबाह्यदेशीया अस्मिन् विषये यवनप्रदेशीयस्य आर्कमीडिसनामकस्य वैज्ञानिकस्य अधमर्णाः सन्ति । भारतातिरिक्तभूभागान्तर्गत-यूनाननामके प्रदेशे सञ्जातः आर्कमिडीसनामकेन वैज्ञानिकेन स्नानकाले अकस्मात् सिद्धान्तोऽयं प्रत्यक्षीकृत । अतएव आधुनिके वैज्ञानिके विश्वे

सिद्धान्तोऽयं आर्कमिडीसीयः सिद्धान्त इति नाम्ना प्रथितः। सिद्धान्तस्यास्य अनुसारेण **यदा कस्यचिद् घनपदार्थस्य पूर्णः स्वल्पो वा भागः कस्मिंश्चिद् द्रवे विनिमज्ज्यते तर्हि तद्घनपदार्थस्य भारे न्यूनत्वं जायते भारह्रासश्चायं घनपदार्थेण स्थानान्तरितेन जलेन तुल्यो भवति।**

प्रयोग :—सिद्धान्तस्यास्य परीक्षणार्थं वलयदण्डकस्य ग्राहिकायाश्च प्रयोगोऽपि क्रियते। तत्रैका पित्तलमयी ग्राहिका अपेक्ष्यते यस्याभ्यन्तरे वलयदण्डक एकः सर्वथा सम्यग्भावेन सन्निविशते। अर्थात् वलयदण्डकस्यायतनं ग्राहिकाया आयतनेन तुल्यं भवति। तुलायाः वामपटले 'ड' इति ग्राहिका तस्याधोभागे एकस्मिन् आलम्बनकीलके 'व' इति वलयदंडकोऽवलम्ब्यते। द्वितीये च पार्श्वे दक्षिणपटले मापान् निधाय तुलादण्डः क्षैतिजः क्रियते। तदनु जलपूर्णमेकं पात्रं वलयदण्डकस्याधोभागे इत्थं निधीयते यत् तुलादण्डकस्य उत्थापनेऽपि वलयदण्डकाभिमुखीनं शिरः उत्तिष्ठति येन सिध्यति यत् जले विनिमज्जनात् वलयदण्डकस्य भारे न्यूनत्वं सञ्जातम्। सम्प्रति ग्राहिकायां जलं पूर्यते। यदा ग्राहिका उपरिभागपर्यन्तं जलेनापूरिता भवति तर्हि दण्डिका भूयः क्षैतिजा भवति। अस्येदं तात्पर्यं यत् वलयदण्डकस्य भारे सञ्जातो ह्रासः ग्राहिकायां पूरितस्य जलस्य भारेण पूरितोऽभवत्। यतः ग्राहिकायां पूरितस्य जलस्य आयतनं वलयदण्डकेन अपसारितस्य जलस्यायतनेन तुल्यम् अस्ति अतएव आर्कमिडीसीयस्य सिद्धान्तस्य याथार्थ्यं प्रमाणीकृतं भवति।



चित्रम् ५-३

२—आर्कमिडीसीयेन सिद्धान्तेन (Floatation) **प्लवनासिद्धान्तस्योपलब्धि :**—आर्कमिडीसीयः सिद्धान्तः प्लवमानेष्वपि पदार्थेषु तथैव प्रयुज्यते यथा विनिमज्जनशीलेषु पदार्थेषु उपयुज्यते। तत्र एतावन्मात्रमेव अन्तरं भवति यत् प्लवमानेन पदार्थेण स्थानान्तरितस्य द्रवस्य भारः वायौ वस्तुनः भारेण तुल्यो भवति। अतएव वस्तुनः भारे सम्पूर्णभारतुल्यं न्यूनत्वं संजायते प्लवमानावस्थायाञ्च वस्तुनः प्रत्यक्षभारः शून्यो भवति।

अधोऽङ्कितेन प्रयोगेण साध्यं यत् प्लवमानावस्थायां कस्यचिद्वस्तुनः भारः तद्वस्तुना अपसारितस्य द्रवस्य भारेण तुल्यो भवति :—

१०० घनसेण्टीमीटरपरिमिते एकस्मिन् मापकशीशकपात्रके जलं पूरणीयं परीक्षणनलिकां चैकामादाय तस्यां शीशकचूर्णं बालुकां वा निधाय सा तावन्मात्रगुरुत्वयुक्ता कार्या येन तस्याः प्रायशः $\frac{4}{5}$ भागः जले निमज्जेत्। परीक्षणनलिकां शुष्कां कृत्वा सा भौतिकतुलया तोल्या मापकपात्रके च एतावन्मात्रं जलं निधातव्यं येन परीक्षणनलिकायाः प्लावनेन

जलतलं मापकपात्रकस्य अन्त्यचिह्नाद अधो वर्त्तेते तलस्थितिश्च निर्धार्या। तलस्थितिनिर्धारिणसमये दृष्टिः अवतलतलस्य निम्नतमबिन्दोः सम्मुखे संस्थाप्या। ततः शनैः शनैः मापकपात्रके परीक्षणनलिका प्लावनीया तलस्थितिश्च अवधार्या। स्थित्योरुभयोर् अन्तरग्रहणात् घनसेण्टीमीरपरिमित्याम् अपसारितस्य जलस्य आयतनम् उपलभ्यते। जलस्य घनत्वं प्रतिघनसेण्टीमीटरे १ ग्रामपरिमितम् अस्ति। अतएव यावद्घनसेन्टीमीटरपरिमितम् अपसारितोदकस्य आयतनं जातम् तावद्ग्रामपरिमित एव तस्य भारो भविष्यति। यदि चेत् प्रयोगः सावधानतया कृतः तर्हि अपसारितस्य जलस्य भारः चूर्णयुक्तपरीक्षणनलिकायाः भारेण तुल्यो भविष्यति।



चित्रम् ५–४

जलस्थाने कस्यचिद् अन्यद्रवस्य प्रयोगकरणे तद्द्रवस्य घनत्वेन अपसारितद्रवस्य गुणनात् तस्य भारो ज्ञायते तद्भारश्च प्लवमानस्य वस्तुनः भारतुल्यो भविष्यति।

मापकपात्रके आयतनम् अतिविशुद्धिपूर्वकं न पठ्यते। अतएव उपर्युक्ते प्रयोगे स्वल्पा प्रयोगात्मिका त्रुटिः अवश्यं भविष्यति। त्रुट्या अस्याः निवारणार्थं निर्गमनिकायुक्तमेकं पात्रकं (चित्रम् ५-२) आदाय तस्मिन् तावन्मात्रं द्रवः पूर्यंत येन निर्गमनिकातः द्रवो निस्सरेत्। द्रवनिस्सरणेऽवरुद्धे द्रवतले च स्थिरे जाते निर्गमनिकायाः अधः तौलितमेकं बीकरं निधीयते परीक्षणनलिका च पात्रके प्लाव्यते। स्थानान्तरितो द्रवः बीकरे निर्गच्छति। द्रवयुक्तं बीकरं तोलयित्वा ततः केवलस्य बीकरस्य भार उनाक्रियते इत्थं स्थानान्तरितस्य द्रवस्य यथार्थो भार उपलभ्यते। तुलनाकरणात् स्थानान्तरितद्रवस्य भारः प्लाव्यमानपरीक्षणनलिकायाः भारेण तुल्यो ज्ञायते।

इत्थं सिद्ध्यति यद् यदा किञ्चिद्वस्तु प्लवति तर्हि वायौ तस्य भारः स्थानान्तरितद्रवस्य भारेण तुल्यो भवति।

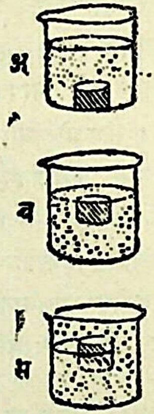
यदा कश्चिद् घनपदार्थः कस्मिश्चिद् द्रवे निक्षिप्यते तर्हि तेन स्वकीयेन निमग्नायतनेन तुल्यो द्रवः स्थानान्तरितः क्रियते।

तत्समये घनपदार्थे बलद्वयं कार्यं करोतिः—

(१) घनपिण्डस्य 'भ' इति भारः। येन पिण्डम् अधो नेतुं प्रयत्नः क्रियते।

(२) अपसारितस्य जलस्य 'छ' इति उच्छलनम्।येन पिण्डम् ऊर्ध्वं नेतुं प्रयत्नः क्रियते।

भारोच्छलनयोरल्पाधिक्यात् घनपिण्डेन त्रिविधः व्यवहारः क्रियते।

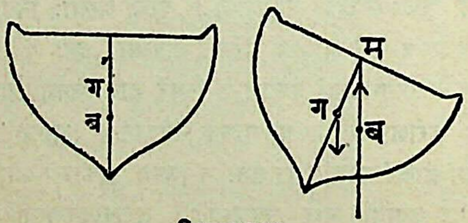


(अ) यदि चेत् 'भ' इति भारः 'छ' इति उच्छलनादधिको भवेत् तर्हि घनपिण्डः निमज्जति । (चित्रम् 'अ')

(ब) यदि चेत् 'भ' इति भारः 'छ' इति उच्छलनेन तुल्यो भवेत् तर्हि घनपिण्डः याथार्थेन द्रवतलस्य निम्नभागपर्यन्तं निमज्जति (चित्रम् ब) द्रवे विमुक्तश्च पिण्डः क्वापि स्थिरो भविष्यति ।

(स) यदि चेत् 'भ' इति भारः 'छ' इति उत्प्लवनात् न्यूनो भवेत् तर्हि पिण्डस्य तावन्मात्र एव अंशो द्रवे निमज्जति येन अपसारितस्य द्रवस्य भारोः वस्तुनः 'भ' इति भारेण तुल्यो भवेत् (चित्रम् स) ।

चित्रम् ५·५



चित्रम् ५·६

यदि चेत् कश्चिद् प्लाव्यमानः घनपिण्डः करेण परिभ्राम्य मुच्यते तर्हि स घनपिण्डः भूयः स्वकीयां पूर्वमिव दशां प्राप्य स्थिरो भविष्यति यद्यपि दशाद्वयेऽपि अपसारितस्य जलस्य भारः घनपिण्डस्य भारेण तुल्य आसीत् । कारणञ्चास्येदं यत् घनपिण्डे गुरुत्वाकर्षणं 'ग' इति गुरुत्वकेन्द्रे उत्प्लवनञ्च 'ब' इति उत्प्लावनकेन्द्रे प्रवर्त्तेते । बलद्वयेन घनपिण्डः तदैव स्थिरीक्रियते यदा उभेऽपि बले एकस्यामेव ऊर्ध्वाधररेखायां स्याताम् । अपसारितद्रवस्य गुरुत्वकेन्द्र एव उत्प्लावनकेन्द्र इति नाम्नाभिधीयते । गुरुत्वकेन्द्रतः उत्प्लावनकेन्द्रतश्च अभिसरन्ती ऊर्ध्वाधररेखा वस्तुनः केन्द्ररेखा (centre line) इति नाम्नाभिधीयते ।

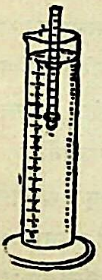
अतः प्लवनशीलस्य वस्तुनः स्थायिसन्तुलनस्य दशाद्वयं भवतिः—

(१) वायौ तद्वस्तुनः भारः अपसारितद्रवस्य भारेण तुल्यो भवति अथवा तद्वस्तुनः प्रत्यक्षभारः प्लवनावस्थायां शून्यतुल्यो भवति ।

(१) तद्वस्तुनः गुरुत्वकेन्द्रः अपसारितद्रवस्य गुरुत्वकेन्द्रश्च (अर्थात् उत्प्लावनकेन्द्रः) द्वावपि एकस्यामेव ऊर्ध्वाधररेखायां वर्त्तेते । सामान्यतः वस्तुनः गुरुत्वकेन्द्रः उत्प्लावनकेन्द्रात् ऊर्ध्वं वर्तते ।

अयमेव प्लवनसिद्धान्त इतिनाम्नाभिधीयते ।

(२) **आर्कमिडीसीयेन सिद्धान्तेन अस्माभिः**सारल्येन साध्यं यत् कस्यचिद् घनपिंडस्य यावान् आयतनांशो द्रवाभ्यन्तरे निमग्नो भविष्यति तद्द्रवाकलनानुसारेण तावदेव घनपिंडस्य आपेक्षिकं घनत्वं भविष्यति ।



चित्रम् ५·७

काष्ठशकलमेकं जलोपरि प्लवने स्वकीयदैर्घ्यस्य ४/५ भागपर्यन्तं जले निमज्जति तर्हि तस्य आपेक्षिकं घनत्वं ४/५ इति भविष्यति ।

आर्कमिडीसीयेन सिद्धान्तेनः—

प्लवमानघनपिण्डस्य संहतिः = अपसारितद्रवस्य संहतिः

किन्तु, संहतिः = आयतनम् × घनत्वम्

$$आ_१ \times घ_१ = आ_२ \times घ_२$$

यत्र आ$_१$ इति घ$_१$ इति च घनपिण्डस्य 'आ$_२$' इति घ$_२$ इति च अपसारितद्रवस्य आयतनं घनत्वं च ।

$$\because \frac{आ_२}{आ_१} = \frac{घ_१}{घ_२}$$

यदि चेत गृहीतः द्रवः जलं स्यात् तर्हि $\frac{घ_१}{घ_२}$ = घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम् ।

$$\therefore घनपिण्डस्य\ आ० घ० = \frac{आ_२}{आ_१} = \frac{जलमग्नमायतनम्}{घनपिण्डस्य\ सम्पूर्णमायतनम्}$$

यदि चेत् विभिन्नेषु द्रवेषु निमज्जनात् घनपिण्डस्य आयतनं आ$_१$ इति आ$_२$ इति च आभ्यन्तरे निमज्जेताम् तर्हि ।

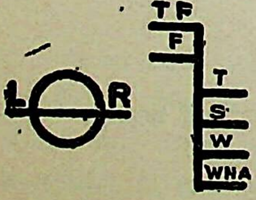
$$\frac{आ_१}{आ_२} = \frac{घ_२}{घ_१}$$

अर्थात् घनपिण्डस्य निमग्नभागस्य च आयतने द्रवघनत्वस्य प्रतिलोमानुपातिनी भवतः ।

४—आर्कमिडीसीयसिद्धान्ताधृतानि कतिपयोदाहरणानि :—

(अ) **लौहमयं जलयानं जलोपरि तरति**—यदि चेत् लौहशकलमेकं जले प्लाव्यते तर्हि तत्कालमेव तत् निमज्जति। किन्तु यदि तदेव लौहशकलमाहत्य स्थाल्याकारकं क्रियते तस्य अन्त्यभागश्च एतावानुच्छ्रितः क्रियते यत् तस्य भारः तेन अपसारितजलस्य भारात् न्यूनो भवेत तर्हि तल्लौहस्थाली जले प्लवनं करिष्यति। अयमेव यानसन्तरणस्य सिद्धान्तः। यद्यपि यानं लौहनिर्मितं भवनि किन्तु तस्याभ्यन्तरे प्रचुरं रिक्तस्थानं भवति। अतएव तेन यावन्मात्रं जलमपसार्यते तस्य भारः यानभाराद् अधिको भवति अतएव तत् जलोपरि सन्तरति।

(ब) **यानेषु प्लिमसौलरेखा भवति**—यदि चेत् किञ्चिद् यानं शीतलसागरस्य समधिकघनत्वीये जले सन्तरति प्लवमानेन तेन यानेन च भूमध्यरेखासमीपस्थे कस्मिंश्चिद् न्यूनघनत्वीये सागरे प्रवेशः क्रियते तर्हि यानसंहतिं अपसारितोदकसंहतितुल्यां कर्तुं यानं जले पूर्वापेक्षयाधिकमेव निमज्जनीयम्। यदि चेद् आँग्लदेशात् किञ्चिज्जलयानं अत्यधिकां सामग्रीम् आदाय प्रस्थानं करोनि तर्हि भारतवर्षीयसागरं संप्राप्य तस्य निम्ज्जनं सम्भाव्यते १८९० खीष्टाव्दात् पूर्वं ईदृश्यः घटनाः सञ्जाताः। यानस्वामिभिः आँग्लदेशात् प्रचुरां मामग्रीं संवाह्य प्रस्थानं क्रियतेस्म स्वकीयानां यानानाञ्च तैः नैश्चित्यं (insurance) कार्यतेस्म। उष्णसागरे संप्राप्ते प्रायशः यानानि जलमग्नानि अभवन्। इत्थं जनधनहानिः समपद्यत। स्वामिभिस्तु स्वकीयं धनं निश्चायिकासमित्याः (Insurance company) गृहीत मेव स्यात् ब्रिस्टलनगरे श्री प्लीमसौल महोदयः (Plimsol) १८१४ खीष्टाब्दे जन्मग्रहणं चकार प्रौढिं प्राप्य स आँग्लदेशीयायां विधायिकासभायां एतद्विषयिकी चर्चां कृतवान्। तदनु नियमितं च तेन यत् प्रत्येकस्मिन् याने भाररेखैका अवश्यम्भाविनी। १८९० खीष्टाब्दे तस्य प्रयत्नेन कतिपयनियमाः निर्मिताः यस्यानुसारेण राज्येन प्रत्येकस्मिन् याने च तावन्मात्रस्य एव भारस्य उद्वाहनं अन्वज्ञायत येन यानं तद्भाररेखापर्यन्तमेव निमज्जेत्। रेखा चैषा जलस्य घनत्वविषयकगणनानुसारेण अङ्क्यते।



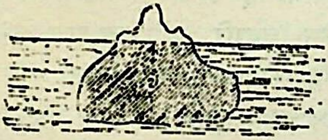
चित्रम् ५.८

यानस्य एकस्मिन् पार्श्वे वर्तुलफलकोपरि तस्य क्षैतिजो व्यासः (Horizontal Diameter) अङ्कितो भवति। अयमेव व्यासः प्लिमसौलरेखा Plimsol Line) इति नाम्नाभिधीयते। तद्रेखायां L इति R इति च

प्राँग्लाक्षरेऽङ्किते भवत: अस्यार्थोऽयं यत् भाररेखेयं लाइड्स-रजिस्टर आफ शिपिंग (**Lioyds Register of Shiping**) इत्यनने अर्थात् लायडीयया दानीयपञ्जिकया निर्धारिता अस्ति चित्र ५.८ ।

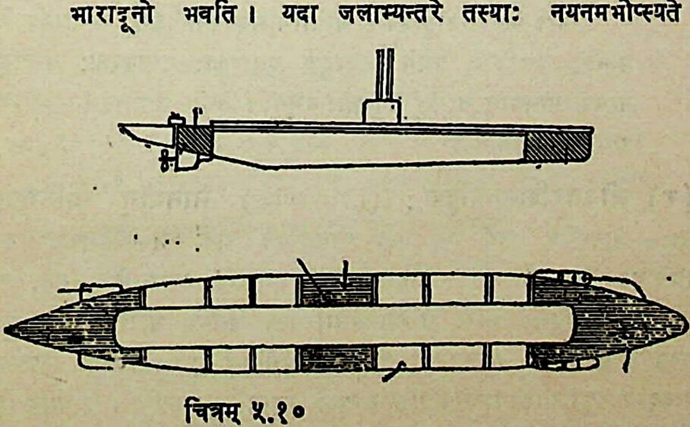
यत: स्थलभेदेन जलघनत्वं भिद्यते नद्याश्च सद्य आनीतस्य जलस्य घनत्वं सागरीयजलस्य घनत्वात् न्यूनं भवति अत: सर्वविधोदकार्थं विभिन्ना: रेखा: अङ्क्यन्ते ।

(स) आईसबर्ग (**Iceberg**) इति नाम्नाभिहिता: हिमशिला: समुद्रे सन्तरन्ति । यदा जलं घनीभूय हिमत्वं प्राप्नोति तर्हि तस्य घनत्वं ह्रसति । हिमस्य घनत्वं ०.९१७ ग्राम प्रतिघनसेण्टीमीटरे सागरजलस्य घनत्वं १.०२६ ग्राम: प्रतिघनसेन्टीमीटरं भवति । अतो यदा हिमशिला जलोपरि सन्तरति तर्हि तस्या: $\frac{८}{९}$ इति भाग: जलाभ्यन्तरे $\frac{१}{९}$ इति भागश्च जलाद्बहि: तिष्ठति । वाह्यतोऽवलोकनेन केवलं $\frac{१}{९}$ इति भाग: दृश्यते किन्तु जलाभ्यन्तरीयो भाग: अतिदीर्घ: (बाह्यभागापेक्षया अष्टगुणितो) भवति । अतो संघर्षणात् यानानि जलमग्नानि भवन्ति । १९१२ खीष्टाब्दे हिमशैलेन संघर्षणे जाते टायटैनिकनामकं जलयानं खण्डितं जातं सहस्रशश्चपुरुषा: जलसमाधिं अलभन्त । नाविका: हिमशैलानां विभीषिकां जानन्ति तेभ्यश्च यानानि संरक्ष्य नयन्ति ।



चित्र ५.९

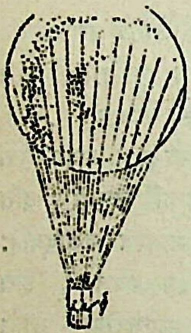
(द) **जलान्तरितनौका**—जलान्तरितनौकाया: जलोपरिसन्तरणसिद्धान्त: तथैव यथा जलयानस्य अर्थात् जलान्तरितनौकाया:भार: तया अपसारितोदकस्य भाराहूनो भवति । यदा जलाभ्यन्तरे तस्या: नयनमभोप्स्यते तर्हि



चित्रम् ५.१०

तस्याः कुंडेषु जलं पूर्यते यतः जलान्तरितनौकायाः भारः जलोच्छलनाद् स्वल्पाधिको भवति। यदा जलान्तरिततरण्याः ऊर्ध्वानयनम् अभीष्टं स्यात् तदा तस्याः जलं अभिकर्षकेण (Plumb) वहिः निस्सार्यते। पैरिस्कोपयन्त्रेण सागरतलीयं दृश्यं जलान्तरनौकास्थितेन पुरुषेण दृश्यते।

[य] वातोड्डायकः (Baloon) वायौ उत्पतितुं शक्नोति :—यदि चेत् कस्मिंश्चिद् अभेद्यावरणे कश्चिद् लघुवातिकः यथा हायड्रोजनं हीलीयमं वा पूर्यते तर्हि एको वातोड्डायकः निर्मीयते तस्य भारश्च अपसारितवायोः भारात् च अत्यूनो भविष्यति। यदि चेद् तेन सह संग्राहिकायां आसीनौ द्वौ मानवावपि लम्ब्येताम् तदापि तस्य सम्पूर्णो भारः अपसारितवायोर्भारात् ऊनो भविष्यति। अतएव आर्कमिडीसीयसिद्धान्तानुसारेण तदुपरि वायोरुच्छलनम् तस्य भारात् अधिकं भविष्यति तद्वातोड्डाकश्च ऊर्द्धं उत्पतिष्यति। यावदूर्ध्वं गम्यते तावदेव वायुः लघुः भवति। अतएव उच्छ्रित्यां यस्यां वातोड्डायकस्य भारः अपसारितवायोः भारेण तुल्यो भविष्यति तदुच्छ्रितिं प्राप्य वातोड्डायकः स्थास्यति।



चित्रम् ५·११

वातोड्डायकं स्वाभीष्टोच्छ्रितिपर्यन्तं उन्नेतुं तत्रासीनाः पुरुषाः स्वेन सहैव वालुकापूर्णाः गोणीः नयन्ति। यदा समधिकोच्छ्रितिपर्यन्तं वातोड्डायकस्य नयनम् अभिलष्यते तर्हि गोणीभ्यः वालुका अल्पशः अधः प्रक्षिप्यन्ते येन वातोड्डायकः लघुः भवति उद्धवं च उद्गच्छति। यदा वातोड्डायकस्य अधोनयनं काम्यते तर्हि एकस्मात् सुषिरात् वातोड्डायके पूरितः वातिकः निस्सार्यते येन सोऽधोगमनं करोति। किमर्थम् ?

यदि चेत् वातोड्डायकेन यन्त्राणि संयुज्यन्ते तर्हि कस्यामपि दिशि स उन्नेयो भवति। प्रथमे विश्वयुद्धे एतादृशाः यन्त्रयुक्ताः वातोड्डायकाः सामग्रीं मानवान् च नेतुं प्रयुक्ताः बभूवुः। तेषां जैपलिन (Zeppelin) इत्यभिधानमासीत्।

(र) जीवनरक्षिणीपट्टिकः : (Life-belts) मानवान् द्दिनिमज्जनात् रक्षन्ति:—जानन्त्येव सर्वे यत् यदि प्लवनशीले कार्के लघुलौहशकलं स्थाप्यते आबद्धयते वा तर्हि कार्केण सह लौहशकलमपि सन्तरणं करिष्यति। यतः कार्कस्य लौहशकलस्य च संयुक्तः भारः ताभ्यामपसारितस्य जलस्य भारात् न्यूनः भवति। जलाशयेषु शृङ्गाटकाणां सञ्चायकाः कुम्भद्वयम् अधोमुखं कृत्वा तन्मध्ये काष्ठफलकमेकम् आबद्ध्य तदुपरि स्वयञ्चोपविश्य सम्पूर्णे कासारे सञ्चरन्ति। इत्थमेव पार्वत-

प्रदेशे अजाचर्मं वायुना सम्पूर्य बालकाः प्रायशः सरित उत्तरन्ति । जीवनरक्षिणीपट्टिकायाश्चापि अयमेव सिद्धान्तः । पट्टिकाभ्यन्तरे वायुपूरणात् तस्या आयतनम् एतावद् वर्द्धते यत् तत्रोपविष्टेऽपि मानवे तस्याः भारः तया अपसारितस्य जलस्य भारादूनः भवति । अत एव सा जलोपरि प्लवनं करोति । ईदृश्यः पट्टिकाः जलयानेषु निधीयन्ते । यदि चेद् दुर्घटनावशात् जलसमाधिप्रसङ्गः समुपैति तर्हि यात्रिणः पट्टिकानां साहाय्येन तटं प्राप्नुवन्ति ।

(म) मानवाः जले प्लवितुं शक्नुवन्तिः— मनुष्यस्य सम्पूर्णो भारः तेन अपसारितस्य जलस्य भारात् न्यूनः भवति किन्तु तस्य शिरः गुरु भवति येन स जले निमज्जनाभिमुखो भवति । मस्तकं जलाद् बहिः कृत्वा जलोपरि सन्तरणकलायाः एव प्लवनमित्यभिधानम् । अत एव स्वकरचरणसञ्चालनपूर्वकं सन्तरणक्रियायाः कर्त्तारः स्वशिरांसि जलाद् बहिरेव धारितुं प्रयतन्ते । यतः लावणोदकस्य घनत्वं शुद्धजलस्य घनत्वाद् अधिको भवति अतः शुद्धोदकापेक्षया लावणोदके सन्तरणं सरलं भवति ।

आर्किमिडीसीयेन सिद्धान्तेन आपेक्षिकघनत्वस्योपलब्धिः—

उदके निमज्जनशीलस्याविलेयस्य घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम्:—

५.१ इति चित्रे प्रदर्शितरीत्या प्रथमं घनपिण्डः भौतिकतुलया तोल्यते तदनु जलाभ्यन्तरे निधाय तत्पिण्डः तोल्यते ।

$$\text{पिंडस्य आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{पिंडभारः}}{\text{समायतनिकस्योदकस्य भारः}}$$

$$= \frac{\text{वायौ पिंडस्य भारः}}{\text{जले तोलनात् पिंडभारे घटितो ह्रासः}}$$

यदि चेत् वायौ पिंडस्य भारः $=$ $भ_१$ ग्रामः

जले पिंडस्य भारः $=$ $भ_२$ ग्रामः

$$\text{तर्हि पिंडस्य आ० घ०} = \frac{भ_१}{भ_१ - भ_२}$$

उदाहरणम् (१) वायौ ताम्रखंडस्यैकस्य भारः २८.६५ ग्रामपरिमितः जले च २५.६५ ग्रामपरिमितः तर्हि तस्य आपेक्षिकं घनत्वमुपलभ्यम् ।

∵ वायौ ताम्रशकलस्य भारः = २८.६५ ग्रामाः

जले च ,, ,, = २५.६५ ग्रामाः

∴ ताम्रभारे घटितो ह्रासः = ३.३० ग्रामाः

$$\therefore \text{आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{२८.६५}{३.३०} = ८.७७$$

(ब) यदि चेत् पिंडः जले विलेयो भवति तर्हि जलस्थाने किञ्चिदीदृशं द्रव्यं गृह्यते यस्मिन् पिंडोऽविलेयो स्यात्। भूयश्चान्ते द्रवस्यापेक्षिकघनत्वेन फलं गुण्यते अतो पिंडस्यापेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यते।

कल्प्यं यत् विधिनानेन लवणस्यापेक्षिकं घनत्वमुपलभ्यम् तर्हि

(१) वायौ लवणखंडस्य भारः $=$ भ$_१$ ग्रामः

(२) स्पिरिटे लवणशकलस्य भारः $=$ भ$_२$ ग्रामः

यदि चेत् स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वं 'घ' इति स्यात् तर्हि लवणस्य आपेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{\text{भ}_१ \text{ घ}}{\text{भ}_१ - \text{भ}_२}$

उदाहरणम् (२) वायौ लवणखण्डस्यैकस्य भारः १६·२५ ग्राम-परिमितः स्पिरिटे च १०·८५ ग्रामपरिमितः। यदि चेद् स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वम् ·८३ इति स्यात् तर्हि लवणस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्।

∵ लवणेन अपसारितस्य स्पिरिटस्य भारः = १६·२५-१०·८५ ग्रामाः
= ५·४० ग्रामाः

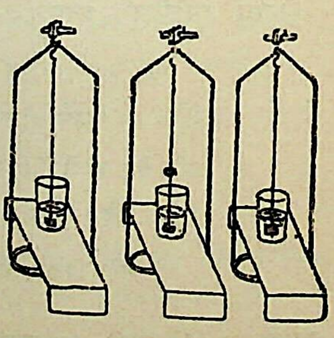
∴ लवणस्यापेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{१६·२५ \times ·८३}{५·४०} =$ २·५ प्रायेण

(स) यदि चेत् पिण्डः जले तरति तर्हि तं जले निमज्जयितुम् एकोऽन्यः गुरुपिण्डोऽपेक्ष्यते येन तत्पिण्डः जले निमज्ज्यते। तस्यामवस्थायां निम्नलिखिते मापतौलकर्मणी क्रियेते।

(अ) निमज्जकस्य भारः जले $=$ भ$_१$ ग्राम :

(ब) निमज्जकः जले + पिण्डःवायौ $=$ भ$_२$ ग्रामः

(स) निमज्जकः पिण्डश्चोभौ जले $=$ भ$_३$ ग्रामः



(चित्रम् ५.१२)

सर्वस्मिन् मापकर्मणि निमज्जकः जले एव तिष्ठति अतो तस्य भारे किञ्चिदूनत्वं न घटितम्।

∴ पिण्डभारे घटितो ह्रासः $=$ भ$_२$–भ$_३$ ग्रामः

∴ पिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{\text{भ}_२ - \text{भ}_१}{\text{भ}_२ - \text{भ}_३}$

उदाहरणम् (१) निमज्जकस्यैकस्य भारः जले २४.५५ ग्राम-परिमितः कार्कशकलस्य भारः वायौ १.५१ ग्रामपरिमितः। यदा निमज्जकेन सह आबद्धः कार्कपदार्थः जले निमज्ज्यते तर्हि जले द्वयोरेवभारः १६.५५ ग्रामपरिमितो भवति। अतो कार्कपदार्थस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ॥

∵ निमज्जकस्य भारः जले + कार्कस्य भारः वायौ = २४.५५ + १.५१ ग्रामाः

= २६.०६ ग्रामाः

निमज्जककार्कयोरुभयोर्भारश्च जले = १६.५५ ग्रामाः

∵ दशाद्वये निमज्जकः जल एव तिष्ठति अतः कार्कस्य भारे घटितो ह्रासः = २६.०६-१६.५५ ग्रामाः = ६.५१ ग्रामाः

∴ कार्कस्य आपेक्षिकं घनत्वम् = $\frac{१.५१}{६.५१}$ = .२३

उदाहरणम् (२) वायौ शीशकशकलस्य भारः ३३ ग्रामपरिमितः काष्ठशकलस्य च मापः वायौ १२० ग्रामपरिमितः। परस्परावद्धयोः काष्ठशीशकयोरुभयोः जले तोलनात् तयोः सम्मिलितः भारः २० ग्रामपरिमितो भयति। तर्हि काष्ठस्यापेक्षिकं घनत्वं ज्ञातव्यम् सूचितं यत् शीशकस्यापेक्षिकं घनत्वम् ११ इति।

∵ शीशकशकलस्य + काष्ठखण्डस्य च भारः वायौ = ३३ + १२०

= १५३ ग्रामाः

तथा शीशकशकलस्य + काष्ठखण्डस्य च भारः जले = २० ग्रामाः

∴ उभयोर्भारयोः घटितो ह्रासः = १३३ ग्रामाः

∴ उभाभ्यां १३३ ग्रामपरिमितं जलमपसारितं यस्य आयतनं १३३ घनसेण्टीमीटर परिमितं भवति। यतो शकलयोरुभयोर् आयतनं १३३ घनसेण्टीमीटरपरिमितं भवति।

∵ शीशकस्य आपेक्षिकं घनत्वं ११ भारश्च ३३ ग्रामपरिमितः

∴ तस्यायतनं $\frac{३३}{११}$ = ३ घनसेण्टीमीटरामणि।

∴ काष्ठखण्डस्य आयतनम् = १३३—३ = १३० घनसेण्टीमीटराणि

∴ काष्ठस्य आपेक्षिकं घनत्वम् = $\frac{१२०}{१३०}$ = $\frac{१२}{१३}$ = .६२ उत्तरः

(द) आर्किमिडीसीयेन सिद्धान्तेन कस्यचिद् द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलब्धुम् ईदृशंको घनपिण्डः गृह्यते यः जले द्रवे च उभयोरपि निमज्जेत किन्तु तत्राविलेयो स्यात्। तदनु प्रथमं पिण्डः वायौ पुनश्च द्रवे भूयश्च प्रक्षाल्य जले तोल्यते। तैरेव च मापैः

आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यते :—

कल्प्यं पिण्डस्य भारः वायौ = $भ_१$ ग्राम

" " जले = $भ_२$ "

" " द्रवे = $भ_३$ "

$$द्रवस्य\ आपेक्षिकं\ घनत्वम् = \frac{द्रवस्य\ भारः}{समानायतनीयस्य\ जलस्य\ भारः}$$

$$= \frac{द्रवे\ तोलनात्\ पिण्डस्य\ भारे\ घटितो\ ह्रासः}{जले\ तोलनात्\ पिण्डभारे\ घटितो\ ह्रासः}$$

$$= \frac{भ_१ - भ_३}{भ_१ - भ_२}$$

उदाहरणम्—ताम्रखण्डस्य भारः २६·८२ ग्रामपरिमितः, जले २३·८२ ग्राम-परिमितः स्पिरिटे च २४·३३ ग्रामपरिमितोऽस्ति तर्हि स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ।

∵ ताम्रेण अपसारितजलस्य भारः = २६·८२–२३·८२ = ३·००ग्रामाः तेनैव ताम्र-शकलेन अपसारितस्पिरिटस्य भारः = २६·८२–२४·३३ = २·४९ ग्रामाः

∴ स्पिरिटस्य आपेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{२·४९}{३·००} = ·८३$

६—आर्कमिडीसीयेन सिद्धान्तेन कस्यचिद् सूक्ष्मस्य तन्त्वोः भारोपलब्धिः ।

प्रथमं सूक्ष्मतन्त्वोः दैर्घ्यं माप्यम् तदनु तस्य गुच्छकं कृत्वा पूर्वं वायौ तदनु जले तत्तन्तुगुच्छकः तोल्यते । भारे घटितह्रासेन अपसारितस्य जलस्य भारो ज्ञायते । परन्तु, १ ग्रामपरिमितस्य जलस्य आयतनं १ घनसेण्टीमीटरं भवति । अतो यावद्ग्रामपरिमितः भारो ज्ञायते तावद्घनसेण्टीमीटरपरिमितमेव तस्य आयतनम् भवति ।

∵ आयतनम् = πअल^२ यत्र 'अ' इति तन्त्वोः त्रिज्या 'ल' इति च तस्य दैर्घ्यं स्तः । समीकरणेऽस्मिन् यदा सर्वेऽन्याः राशयः परिज्ञाताः तर्हि 'भ' इत्यस्य मानम् उपलब्धुं शक्यम् ।

उदाहरणम्—तन्त्वोरेकस्य दैर्घ्यं १० सेण्टीमीटरपरिमितमासीत् । तस्य भारः वायौ ७·१२ ग्रामपरिमितः जले च ६·३२ ग्रामपरिमितः तन्त्वोः त्रिज्या तस्य घनत्वञ्चोपलभ्ये ।

$$तन्त्वोः\ आपेक्षिकं\ घनत्वम् = \frac{वायौ\ तन्त्वोः\ भारः}{तन्तुना\ अपसारितस्य\ जलस्य\ भारः}$$

$$= \frac{७·१०}{७·१२-६·३२} = ८·९$$

∴ तन्तुना अपसारितस्य जलस्य भार: = ८० ग्राम:

तथा ∵ एकग्रामपरिमितोदकस्य आयतनम् १ घनसेण्टीमीटरं भवति:

∴ तन्त्वोर् आयतनम् = ८ घनसेण्टीमीटरम् ।

परन्तु तन्त्वोरायतनम् = πत्र²ल यत्र 'त्र' इति तस्य त्रिज्या 'ल' इति दैर्घ्यं भवति ।

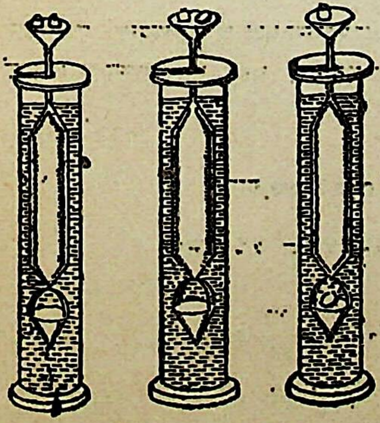
∴ ३·१४ × त्र² × १० = ·८

∴ त्र = ·१६ सेण्टीमीटरम् प्रायेण

७—नैकल्सनद्रवमापकेन (Nicholsons Hydrometer) आपेक्षिकघनत्वस्योपलब्धि: ।

नैकल्सनद्रवमापकस्य वर्णनम्—नैकल्सनद्रवमापक: विशिष्टाकारक एक: प्लवमान: घनपिण्डो भवति । यस्य भार: इत्थं समञ्ज्यते यत् प्लवनावस्थायां तस्य किञ्चिद् भाग: जलोपरि तिष्ठति । ५·१३ इति चित्रे तस्याकृति: प्रदर्शिता । मापकश्चायं अन्त:शून्येन वलयदण्डेन निर्मीयते । तस्य ऊर्ध्ववर्तिनि शिरसि एक: तन्तु: वर्तते तन्त्वोश्च उपरिभागे पटलमेकं युक्तं भवति । तन्त्वौ चिन्हमेकं वर्तते यावत्पर्यन्तं द्रवमापक: निमज्ज्यते ।

वलयदंडस्य अधोभागे पटलमेकं तिष्ठति यस्याधोभागे शंक्वाकारक (conical) एक अन्त:शून्यो भाग: वर्तते यत्र शीशककणान् सम्पूर्य द्रवमापकस्य सम्पूर्णो भार: समञ्जयितुं शक्यते । भागस्यास्य गुरुत्वात् द्रवमापक: याथार्थ्येन जले ऊर्ध्वाधररूपेण प्लवमान: तिष्ठति ।जले द्रवमापकं प्लावयितुं एकं दीर्घं विस्तृञ्च जार इति नामकं पात्रं गृह्यते । यथा ५·१३ इति चित्रे प्रदर्शितम् । जारपात्रस्य मुखे लौहपत्रशकलम् अथवा तन्तुमयं त्रैभुजमाच्छादनं स्थाप्यते येन पटलोपरि भारस्थापनात् द्रवमापकोऽध: जले न गच्छेत् ।



चित्रम् ५.१३

(अ) नैकल्सनद्रवमापकेन कस्यचिद् घनपिण्डस्य आपेक्षिकघनत्वोपलब्धि: —घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलब्धुं प्रथमं द्रवमापक: जलयुक्ते जारनामके पात्रे प्लाव्यते । तदनु पटले एतावान् भार: स्थाप्यते येन स: तन्त्वौ अङ्कित चिन्हपर्यन्तं निमज्जेत् । भारश्चायं लिख्यते । भूयश्च तद्घनपिण्ड: पटले न्यस्यते यस्य आपेक्षिकं घनत्वं ज्ञातव्यं भवति । तेन सह कतिपया: मापा आरोप्यन्ते येन द्रवमापक: भूय: चिन्हपर्यन्तं निमज्जति । (मा भूत् घनपिण्ड: एतावान् विशालो गुरुर्वा येन केवलं तस्य स्थापनादेव द्रवमापक: चिन्हपर्यन्तं

निमज्जेत् ।) भारश्चायं लिख्यते । पुनश्च घनपिण्डः अधोवर्त्तिनि पटले स्थाप्यते । तथाच यदि पिण्डः प्लवनशीलो भवत्, यथा द्रावकखण्डः कार्कशकलं वा, तर्हि स द्रवमापकपटले आबद्ध्यते पटले च एतावन्तः मापकाः आरोप्यन्ते येन द्रवमापकः चिन्हपर्यन्तं निमज्जेत् । इमे मापकाः लिख्यन्ते । जले द्रवमापकस्य सन्तारणसमये तथ्यञ्चेदम् अवधीयते यत् तेन जारपात्रकं स्पृष्ट मा भूत् । मापैरेभिस्त्रिभिः घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यते :—

कल्प्यम् यत्

१—केवलं द्रवमापकं चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुम् अपेक्षितः भारः $= भ_1$ ग्रामः

२—ऊर्ध्वपटले पिण्डं स्थाप्य द्रवमापकं चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुम् अपेक्षितः भारः $= भ_2$ ग्रामः

३—यदा घनपिण्डः अधोवर्तिनि पटले वर्त्तते तदा द्रवमापकं चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुम् अपेक्षितः भारः $= भ_3$ ग्रामः

तर्हि पिण्डस्य भारः $= भ_1 - भ_2$ ग्रामः

तथाच पिण्डेन अपसारितस्य जलस्य भारः $= भ_3 - भ_2$ ग्रामः

$\therefore$ घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{भ_1 - भ_2}{भ_3 - भ_2}$

उदाहरणम्—द्रवमापकमेकं चिन्हपर्यन्तं जले निमज्जयितुं १२·३७ ग्रामपरिमित-जारस्य आवश्यकता भवति । यदा घनपिण्ड एकः द्रवमापकोपरि आरोप्यते तर्हि द्रवमापकमुदके चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुं ७·६० ग्रामभारस्य यदा च जलाभ्यन्तरे पटलोपरि आरोप्यते तदा ८·१६ ग्रामभारस्य आवश्यकता भवति । अस्तु, घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वमुपलभ्यम् ।

$\because$ घनपिण्डस्य भारः वायौ = १२·३७-७·६० = ४·७७ ग्रामाः

$\therefore$ घनपिण्डस्य भारे घटितो ह्रासः = ८·१६-७·६० = ·५६ ग्रामः

$\therefore$ घनपिण्डस्य (ताम्रस्य) आपेक्षिकं घनत्वम् $= \frac{४·७७}{·५६}$

$= ८·५$ ।

(ब) नैकल्सनद्रवमापकेन कस्यचिद् द्रवस्य आपेक्षिकघनत्वोपलब्धि :—

(१) सा रीतिर् यस्यां द्रवमापकस्य तोलनम् अपेक्ष्यते—पूर्वप्रथमं द्रवमापकः कुण्डलिनीतुलया भौतिकतुलया वा तोल्यते। तदनु दीर्घे जारपात्रे द्रवं सम्पूर्य तस्मिन् द्रवमापकः प्लाव्यते। तदुपरिवर्तिनि पटले भारमारोप्य द्रवमापकः चिन्हपर्यन्तं द्रवे निमज्ज्यते भारश्च लिख्यते। पुनश्च एकस्मिन् दीर्घे जारपात्रे जलं सम्पूर्य द्रवमापकः चिन्हपर्यन्तं जले निमज्ज्यतेऽपेक्षितो भारश्च लिख्यते। एभिर्मापैस्तु आपेक्षिकं घनत्वमुपलभ्यते ।

कल्प्यम्—(i) द्रवमापकस्य भारः = 'भ' ग्रामः

(ii) द्रवमापकं जले निमज्जयितुम् अपेक्षितो भारः = 'भ'$_1$ ग्रामः

(iii) द्रवमापकं द्रवे निमज्जयितुं अपेक्षितो भारः = 'भ'$_2$ ग्रामः

तर्हि द्रवमापकेन अपसारितस्य जलस्य भारः = 'भ' + 'भ'$_1$ ग्रामः

तथाच, द्रवमापकेन अपसारितद्रवस्य भारः = 'भ' + 'भ'$_2$ ग्रामः

यतः द्रवमापकः एकचिन्हपर्यन्तमेव जले निमज्जितः अतः द्रवस्य जलस्य चोभयोरायतने समाने स्तः ।

$$\text{अतो द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{अपसारितद्रवस्य भारः}}{\text{अपसारितजलस्य भारः}}$$

$$= \frac{\text{भ} + \text{भ}_2}{\text{भ} + \text{भ}_1}$$

उदाहरणम्—द्रवमापकस्यैकस्य भारः ४२५.७ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदा स चिन्हपर्यन्तं जले निमज्ज्यते तर्हि तदुपरि १८.२२ ग्रामपरिमिताः मापाः आरोप्यन्ते, यदा स लवणविलयने निमज्ज्यते तदा २३.२४ ग्रामपरिमिताःमापा आरोप्यन्ते। अतो लवण-विलयनस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ।

यदा कश्चिद् घनपिण्डः द्रवे तरति तदा तत्पिण्डस्य भारः अपसारितद्रवस्य भारेण तुल्यो भवति ।

अतएव द्रवमापकेन अपसारितजलस्य भारः

= ४२५.७ + १८.८२ = ४४३.९२ ग्रामाः

एवञ्च, द्रवमापकेन अपसारितविलयनस्य भारः

= ४२५.७ + २३.२४ = ४४८.९४ ग्रामाः

$$\text{विलयनस्य आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{४४८.९४}{४४३.९२}$$

$$= १.०११$$

(२) रीतिर्यस्यां-द्रवमापकस्य तोलनम् आवश्यकं न भवति—द्रवमापकं द्रवे प्लावयित्वा तदुपरि कश्चिद् घनपिण्डः (पिण्डोऽयं यावदधिकायतनिको भवति तावदेव समीचीनं फलं प्राप्यते, अतएव द्रावकखण्डः सर्वोत्तमो भवति) आरोप्यः एवञ्च तेन पिण्डेन सह एतावान् मापो आरोप्यः येन द्रवमापकः चिन्हपर्यन्तं निमज्ज्येत् । मापा इमे अधिलेखनीयाः । ततः घनपिण्डः द्रवमापकस्य अधोवर्तिनि पटले स्थाप्यः तदनु च द्रवमापकोपरि एतावन्तः मापाः आरोप्याः येन द्रवमापकः द्रवे चिन्हपर्यन्तं निमज्ज्येत मापाश्च अधिलेख्याः । द्वितीयाद् भाराद् प्रथमः भार ऊनीकरणीयः ततः द्रवे निमज्जनात् पिण्डभारे घटितो ह्रासः ज्ञायते । भारह्रासोऽयं पिण्डेन स्थानान्तरितस्य द्रवस्य भारेण तुल्यो: भविष्यति । सम्प्रति द्रवमापकं जलपूर्णे जारपात्रके सम्प्लाव्य तमेव पिण्डं प्रथमं द्रवमापकस्य पटले निधाय भूयः अधोवर्तिनि पटले विन्यस्य चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुम् अपेक्षितोः भारः ज्ञातव्यः तथाच भारयोर्द्वयोर् अन्तरम् परिज्ञाय पिण्डेन अपसारितस्य उदकस्य भारो ज्ञातव्यः । पिण्डेन स्थानान्तरितस्य द्रवस्य भारः स्थानान्तरितोदकस्य भारेण विभाज्यः । ततः द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यते ।

कल्प्यम् (i) पिण्डं ऊर्ध्ववर्तिनि पटले समारोप्य द्रवमापकं द्रवे चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुम् अपेक्षितो भारः $=$ भ$_1$ ग्रामः

(ii) पिण्डम् अधोवर्तिनि पटले निधाय द्रवमापकं द्रवे चिन्हपर्यन्तम् निमज्जयितुम् अपेक्षितो भारः $=$ भ$_2$ ग्रामः

(iii) पिण्डम् ऊर्ध्ववर्तिनि पटले संस्थाप्य द्रवमापकं चिन्हपर्यन्तं जले निमज्जयितुम् अपेक्षितो भारः $=$ भ$_3$ ग्रामः

अपिच पिण्डम् अधोवर्तिनि पटले निधाय द्रवमापकं चिन्हपर्यन्तं जले निमज्जयितुम् अपेक्षितो भारः $=$ भ$_4$ ग्रामः

$$\therefore \text{द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम्} = \frac{\text{पिण्डेन अपसारितस्य द्रवस्य भारः}}{\text{पिण्डेन अपसारितस्य जलस्य भारः}}$$

$$= \frac{\text{भ}_2 - \text{भ}_1}{\text{भ}_4 - \text{भ}_3}$$

उदाहरणम्—यदा द्रावकशकलमेकं द्रवमापकोपरि निधाय लवणविलयने प्लाव्यते तर्हि द्रवमापकं चिन्हपर्यन्तं विलयने निमज्जयितुम् ६·५० ग्रामभारोऽपेक्ष्यते । यदा द्रावकखण्डः द्रवमापकस्य अधोवर्तिना पटलेन आबद्ध्यते तर्हि विलयने तच्चिन्हपर्यन्तमेव निमज्जयितुं ८.७२ ग्रामपरिमितो भारः न्यस्यते । तद्द्रावकखण्डमेव क्रमशः द्रवमापकस्य ऊर्ध्ववर्तिनि अधोवर्तिनि च पटले निधाय तच्चिन्हपर्यन्तमेव जले निमज्जयितुं २·१६ ग्रामपरिमितभारस्य तथा ४.१७ ग्रामपरिमितभारस्य च आवश्यकता भवति । अतो विलयनस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ।

द्रावकखण्डेन अपसारितस्य द्रवस्य भारः = ८.७२-६.५०
= २.२२ ग्रामाः

तेनैव द्रावकखण्डेन अपसारितस्य जलस्य भारः = ४.१७-२.१६
= २.०१ ग्रामाः

∴ द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वम् = $\frac{२.२८}{२.०१}$ = १.१० प्रायशः

८--विभिन्नोच्छ्रितिपर्यन्तं निमज्जनशीलाः द्रवमापकाः—

नैकल्समद्रवमापके द्रवाभ्यन्तरे निमज्जनीयम् आयतनं स्थिरं भवति। मापकं चिन्हं यावत् नियज्जयितुं तदुपरि विभिन्नाः मापाः स्थाप्यन्ते। किन्तु, द्रवमापकानामेषां भारः स्थिरो भवति। द्रवाभ्यन्तरे निमज्जनीयं आयतनञ्च न्यूनाधिकं भवति। अस्यैव सिद्धान्तस्य अनुसरणं कृत्वा दुग्धमापकः विनिर्मितः।

९—दुग्धमापकः—यन्त्रमिदं शीशकेन निर्मीयते। यस्याधः भागः गुरुः क्रियते। अस्मिन् भागे पारदः शीशककणाः वा पूर्यन्ते। अनेन दुग्धमापकः द्रवे सारल्येन स्थितः सन्तरति। यदा विभिन्ने द्रवे मापकश्चायं निमज्ज्यते तर्हि विभिन्नोछ्रितिपर्यन्तं नलिका तेषु द्रवेषु निमज्जति किन्तु प्रत्येकावस्थायाम् अपसारितद्रवस्य संहतिरेकैव भवति। यतः संहतिः = आयतनम् × घनत्वम्। अतो यदि द्रवस्य घनत्वम् अधिकं भवति तर्हि स्वल्पं आयतनं द्रवे निमज्जति यदि च घनत्वम् अल्पं भवति तर्हि अधिकमायतनं निमज्जति। अतएव यन्त्रमिदं विभिन्नेषु द्रवेषु निमज्ज्य नलिकोपरि चिन्हाङ्कनं कर्त्तुं शक्यते यत् एतत्स्थानपर्यन्तं निमज्जनात् एतावदापेक्षिकं घनत्वं भविष्यति। भूयश्च कस्मिंश्चिद द्रवे-निमज्ज्य चिन्हस्य पठनात् तस्य आपेक्षिकं घनत्वं उपलब्धुं शक्यते॥



यदा मापकेऽस्मिन् चिन्हाङ्कनम् अपेक्ष्यते तदा अयं जले सन्तार्यते यच्चिन्ह-पर्यन्तं चायं जले निमज्जति तत्तु मापकस्य १००० इति चिन्हं भवति। तदनु अयं कस्मिश्चिद् अन्यस्मिन् द्रवे (दुग्धे) निमज्ज्यते यस्य घनत्वं १.२१० इति भवति। चिन्हमिदं मापकस्य १.२१० इति चिन्हं भवति। इत्थमेव नलिकायाः पूर्णे दैर्घ्ये चिन्हाङ्कनं क्रियते।

एतादृशाः घनत्वमापकाः विभिन्नेषु अभिकर्मस्थानकेषु (कारखानेति-भाषायां) घनत्वस्य मापनार्थं प्रयुज्यन्ते। फेनकस्य (साबुनेतिनामकपदार्थस्य) अभिकर्मास्थानकेषु कास्टिकसोडानामकपदार्थस्य विलयनशक्ति (Strengthof-solution), बैटरीनामकपदार्थस्य अम्लं तथा शर्कराविलयनं मापितुम् यन्त्रस्यास्य

चित्रम् ५.१४

प्रयोगः क्रियते। शर्कराविलयनमापनकालेऽयं शर्करामापकः (Sacchari meter) अल-

कोहलमापनसमयेऽयं अलकोहलमापकः (Alcohal meter) दुग्धमापनकाले स्वयं दुग्धमापकः (Lactometer) इति नाम्ना अभिधीयते ।

परन्तु, दुग्धघनत्वं नहि दुग्धस्य शुद्धताया: प्रमाणम् घनत्वेन सह स्निग्धताया: परिमाणस्य मापनम् आवश्यकं भवति । यदि चेत् दुग्धात् नवनीतमुद्धृतं तर्हि तस्य घनत्वम् अधिकायते । यदि पुन: तस्मिन् जलं मेलयित्वा तस्य घनत्वं शुद्धदुग्धस्य घनत्वेन तुल्यं क्रियते तर्हि दुग्धमापकेन यथार्थभावेन घनत्वं सूच्यते किन्तु दुग्धम् विकृतं भवति । यदि चेत् दुग्धे क्षारं जलं मेल्यते तदापि दुग्धमापकेन दुग्धं शुद्धमित्येव सूच्यते ।

प्रश्ना:

१—प्रयोगैः साधनीयम् यत् द्रवस्य सम्पीडनं गभीरत्वेन सह वृद्धिं गच्छति ।

२—"द्रवेण सदा स्वतलम् अन्विष्यते" कोऽस्य अर्थः ? सिद्धान्तस्यास्य उपयोग: कुत्र क्रियते ?

३—कोऽस्ति आर्कमिडीसीय: सिद्धान्त: ? प्रयोगैः तस्य सत्यापनं कथं क्रियते ?

४—पदार्थानां प्लवनविषये आर्कमिडीसीय: सिद्धान्त: कथं प्रयुज्यते ? सविस्तरं वर्णनीयम् ।

५—किं कारणं यत्—

(१) लौहः जले निमज्जति किन्तु, लौहनिर्मितम् अतिविशालं जलयानं जले प्लवति ।

(२) हिमशैला अतिविशाला: भवन्ति किन्तु, जलोपरि तेषाम् अत्यल्पो भाग: दृश्यते ।

(३) जलयानं यदा शीतलात् सागरात् उष्णसागरे गच्छति तर्हि तस्य अधिको भाग: जले निमज्जति ।

६—प्लिमसौलरेखाया आवश्यकता किमर्थं अनुभूता ? तस्या अभावे का हानिरासीत् ?

७—जलान्तस्तरणिका: वातोड्डायकाश्च किमर्थम् तरन्ति ? ऊर्ध्वाध: प्रति तेषां नयनाय क उपायोऽवलम्ब्यते ?

८—आर्कमिडीसीयेन सिद्धान्तेन कस्यचिद् घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वं कथम् उपलभ्यते :—

(अ) यदि पिण्ड: जलाद् लघु: भवेत् ?

(ब) यदि पिण्ड: जलाद् गुरु: भवेत् ?

(स) यदि पिण्ड: जले निमज्जति ?

९—ताम्रशकलस्यैकस्य भारः वायौ १७·८ ग्रामपरिमितः जले १५·८ ग्रामपरिमितः, द्रवेऽन्यस्मिन् १४·८ ग्रामपरिमितः तर्हि ताम्रशकलस्य द्रवस्य च आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उत्तरः ८·९, १·५)

१०—अलमुनियमखण्डस्यैकस्य भारः वायौ १०·८ ग्रामपरिमितोऽस्ति जले ६·८ ग्राम-परिमितोऽस्ति तर्हि तस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० २·७)

११—यदि चेद् अलमुनियमशकलं १·२६ घनत्वीये ग्लिसरीननामके पदार्थे तोल्यते तर्हि तस्य भारपरिमाणं किं स्यात्। (उ० ५·७६)

१२—स्वर्णखण्डस्यैकस्य भारः वायौ ९६·५ ग्रामपरिमितः जले च ९१·५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। तर्हि तस्य आपेक्षिक घनत्वम् उपलभ्यम् ? (उ० १९·३)

यदि चेद् तच्छकलं १·४ इत्यापेक्षिकघनत्वीये द्रवे तोल्यते तर्हि तस्य भारः किं स्यात् ? (उ० ८९·५ ग्रामाः)

१३—७·७ इत्यापेक्षिकघनत्वीयस्य लौहखण्डस्य भारः जले ५३·६ ग्रामपरिमितोऽस्ति तर्हि वायौ तस्य भारः ज्ञातव्यः। (उ० ६१·६ ग्रामाः)

०·८ इत्यापेक्षिकघनत्वीये द्रवे तस्य भारः किं भविष्यति ? (उ० ५५·२ ग्रामाः)

१४—यदि चेद् एकः काष्ठमयः वलयदण्डकः जले ऊर्ध्वाधररूपेण प्लवति तर्हि तस्य $\frac{3}{5}$ भागः जलाभ्यन्तरे निमज्जति तदा काष्ठस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० ०·६)

यदि चेद् तद्वलयदण्डकः ०·८ इत्यापेक्षिकघनत्वीये स्पिरिटे सम्प्लाव्यते तर्हि स्पिरिटाभ्यन्तरे वलयदण्डकस्य कियद्भागः निमज्जति ? (उ० $\frac{3}{4}$)

१५—काष्ठशकलमेकं २० सेण्टीमीटरपरिमितं दीर्घं, १० सेण्टीमीटरपरिमितं विस्तृतं ६ सेण्टीमीटरपरिमितञ्च स्थूलम् अस्ति। यदि चेद् तस्यापेक्षिकं घनत्वं ०·६ इति भवेत् तर्हि तस्य कियन्मात्रम् आयतनं जले निमग्नं भविष्यति ? (उ० ७२० घनसेण्टीमीटरराणि)

तम् पूर्णतया जले निमज्जयितुं तदुपरि कियद्भारः निधातव्यः (उ० ४८० ग्रामाः)

१६—सैन्धवखण्डस्यैकस्य भारः वायौ ४८ ग्रामपरिमितः तथा ०·८ इत्यापेक्षिकघनत्वीये स्पिरिटे ३२ ग्रामपरिमितः तर्हि लवणस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। (उ० २·४)

१७—यदि चेद् २·४ इत्यापेक्षिकघनत्वीयस्य लवणखण्डस्य भारः ०·८ इत्यापेक्षिकघनत्वीये स्पिरिटे ४८ ग्रामपरिमितो भवेत् तर्हि वायौ तस्य कियद्भारो भविष्यति ? (उ० ७२ ग्रामाः)

१८–वायौ कार्कशकलस्यैकस्य भारः ३० ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदा शीशकशकलमेकं तेनाबद्धयते तर्हि जले द्वयोरेव भारः ६ ग्राम-परिमितो भवति। यदि केवलं शीशकशकलं जले ९६ ग्रामपरिमितं भवेत् तर्हि कार्कस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्॥ (उ० ·२५)

१९–यदि चेद् प्लेटिनममयस्य कन्दुकस्यैकस्य भारः वायौ २०·८६ ग्रामपरिमितः, जले १९·८६ ग्रामपरिमितः गन्धकाम्लके च १९·३६ ग्रामपरिमितो भवेत् तर्हि प्लेटिनमद्रव्यस्य गन्धकाम्लकस्य च आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। [उ० २०·८६, १·५]

२०–१०ग्रामपरिमितमेकं वस्तु ५ इत्यापेक्षिकघनत्वीयेन ५०० ग्रामपरिमि भारान्वितेन् वस्तुनान्येन सह आवद्धयते जले च उभयोर्भारः १०० ग्रामपरिमितो भवति तर्हि प्रथमस्य वस्तुनः भारो ज्ञातव्यः। [उ० १/६]

२१–यदा दुग्धमापक एकः जले निधीयते तर्हि तस्य १/१० इत्यायतनं यदा च दुग्धे निधीयते तर्हि तस्य १०/१०३ इति परिमितम् आयतनं निमग्नं भवति तर्हि दुग्धस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्॥ [उ० १·०३]

२२–द्रावकखण्डस्यैकस्य भारः वायौ १८·०३ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदि धातुशकलमेकं, यस्य भारः जले १७·०३ ग्रामपरिमितो भवेत्, द्रावकखण्डेन सह आवद्धयते तर्हि उभयोर्भारः जले १५·२३ ग्रामपरिमितो भवति। अतः द्रावकस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। [उत्तरम् ·९१]

२३–निमज्जकस्यैकस्य भारः जले ३० ग्रामपरिमितः तत्रैव यदि कार्कशकलं आबद्धयते तर्हि तस्य भारः ३६·५ ग्रामपरिमितो भवति कार्कनिमज्जकयोरुभयोर् जले तोलनात् तयोर् भारः ११·५ ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि कार्कस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम्। [उ० ·२६]

२४–तरणिरेका २ मीटरपरिमिता विस्तृता, ८ मीटरदीर्घा, १½ मीटरपरिमिता च गभीरा अस्ति। यदि चेद् नौकायाः भारः ४,०१० किलोग्रामपरिमितो भवेत् तस्य च अधिकतमः निमज्जनीयो भागः ५/६ इत्येव भवेत् तर्हि तदुपरि कियन्मात्रः अधिकतमः भारः निधातव्यो भविष्यति? [उ० १६,००० किलोग्रामः]

२५–यदि चेद् हिमस्य आपेक्षिकं घनत्वं ०·९२ इति सागरजलस्य च आपेक्षिकं घनत्वं १·०१२ इति भवेत् तर्हि हिमशैलस्य कियद्भागः सागरे निमग्नो भविष्यति? [उ० १०/११]

यदि चेद् हिमशैलस्य १००० घनसेण्टीमीटरपरिमितम् आयतनं जलोपरि निस्सृतं तर्हि तस्य सम्पूर्णम् आयतनम् कियन्मात्रं सम्भाव्यते? [उ० ११००० घ० से० मी०]

२६–वातिकोड्डायकस्यैकस्य आयतनं १००० घनसेण्टीमीटरपरिमितं अस्ति यदि चेद् वातिकोड्डायक: (अ) हाइड्रोजनवातिकेन (ब) हीलियमवातिकेन सम्पूर्यते तर्हि तेन कियद् भार: उत्थापयितुं शक्यते ? (हाइड्रोजनवातिकस्य घनत्वं ·०६ इति प्रतिलिटरम् हीलियमस्य घनत्वं हाइड्रोजनवातिकाद् द्विगुणितं वायोश्च घनत्वं हाइड्रोजनाद् १४ गुणितम् अस्ति ।) ? [उ० ११७०, १०८० किलोग्रामा:]

२७–नैकल्सनद्रवमापकस्य वर्णनं कर्त्तव्यं तेन च घनपिण्डस्य द्रवस्य च आपेक्षिक-घनत्वोपलब्धे रीतय: व्याख्यातव्या: ।

२८–नैकल्सनद्रवमापकमेकं चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुं ६० ग्रामपरिमित: भारो: निधातव्य: । यदा तस्योर्ध्ववर्तिनि पटले ४५·८ ग्रामीय: मापो न्यस्यते तर्हि ५१·५ ग्रामपरिमितो भार आरोप्यते । तदा घनपिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ।। [उ० २·४६ प्रायेण]

२९—द्रवमापकस्यैकस्य भार: २२३ ग्रामपरिमित: । यदा स एकस्मिन् द्रवे प्लाव्यते तर्हि तस्मिन् २०० घनसेण्टीमीटरं द्रवमापकायतनं निमज्जयितुं तदुपरि २० ग्रामपरिमित: भारोऽपेक्ष्यते । तर्हि द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वं उपलभ्यम् । [उ० १·२१५]

३०–नैकल्सनद्रवमापकस्यैकस्य भार: २४० ग्रामपरिमितोऽस्ति । यदि चेद् तदुपरि ६० ग्रामपरिमित: भार: न्यस्यते तर्हि एकस्मिन् द्रवे तथाच् १५० ग्रामपरिमिते भारे आरोपिते अन्यस्मिन् द्रवे द्रवमापक: चिन्हपर्यन्तं निमज्जति तर्हि द्रवयोरुभयो-रापेक्षिकघनत्वयो: तुलना करणीया । [उ० १०·१३]

३१–यदा कश्चिद् घनपिण्ड: नैकल्सनद्रवमापकोपरि आरोप्यते तर्हि १२ ग्रामपरिमित: भार:, यदा द्रवाभ्यन्तरे अधोवर्तिनि पटले निधीयते तर्हि १६ ग्राम परिमित: भार: यदा च स सर्वथा अपसार्यते तर्हि चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुं २२ ग्रामभारोऽपेक्ष्यते । अतो पिण्डस्य आपेक्षिकं घनत्वं ज्ञातव्यम् । [उ० २०५]

३२–कश्चिद् द्रवमापकं जले चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुं ४०·२ ग्रामपरिमितस्य भारस्य, ·८ इत्यापेक्षिकघनत्वीये द्रवे च निमज्जयितुं २०·८ ग्रामपरिमितस्य भारस्य आवश्यकता भवति । अतो द्रवमापकस्य भारो ज्ञातव्य: ।

सङ्केत: $= \frac{\text{भ} + २०·८}{\text{भ} + ४०·२} = ·८$, यत्र भ = द्रवमापकस्य भार: [उ० ५६·८० ग्रामा:]

३३–एको द्रवमापक: किञ्चिन्निश्चितं चिन्हं यावत् द्रवे निमज्जति किन्तु तच्चिन्ह-पर्यन्तमेव जले निमज्जयितुं द्रवमापकोपरि ६० ग्रामपरिमितो भार आरोप्य: भवति । यदि चेद् द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वं ०·८ इति भवेत् तर्हि द्रवमापकस्य भार उपलभ्य: । [उ० २४० ग्रामा:]

३४–नैकल्सनद्रवमापकमेकं चिन्हपर्यन्तं निमज्जयितुं ३५ ग्रामपरिमितस्य एकस्मिन् द्रवे च निमज्जयितुं १० ग्रामपरिमितस्य भारस्य आवश्यकता भवति। यदि चेद् द्रवमापकस्य भार: २४० ग्रामपरिमितो भवेत् तर्हि द्रवमापकस्य आपेक्षिकं घनत्वम् उपलभ्यम् ? [उ० $\frac{१०}{९}$]

३५–घनपिण्डस्यैकस्य आयतनं ६०० घनसेण्टीमोटरपरिमितम् अस्ति। यदा तत्पिण्ड: जले न्यस्यते तदा ४५० घनसेण्टीमीटरपरिमितम् आयतनं एवञ्च यदा द्रवे निधीयते तर्हि ३०० घनसेण्टीमीटरपरिमितम् आयतनं निमज्जति। तर्हि द्रवस्य आपेक्षिकं घनत्वं ज्ञातव्यम्। [उ० १·५]

३६–एकस्मिन् स्वर्णमयगोलकस्य आभ्यन्तरे किञ्चिद् शून्यं स्थानं वर्तते। तस्य गोलकस्य भार: वायौ ५८·२९ ग्रामपरिमित: जले च पूर्णतया निमग्नस्य गोलकस्य भार: ४८·२९ ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि तस्याभ्यन्तरिकस्य शून्यस्थानस्य आयतनं कियन्मात्रं भविष्यति ? [उ० ७ घनसेण्टीमीटराणि]

३७–एकस्य रजतमयगोलकस्य भार: १०५ ग्रामपरिमितोऽस्ति तस्यापेक्षिकं घनत्वञ्च १०·५ इत्यस्ति। गोलकाभ्यन्तरे किञ्चिद् शून्यं स्थानं वर्तते। यदि गोलक: जले तोल्यते तर्हि तस्य भार: केवलं ७५ ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि शून्यस्थानस्य आयतनम् उपलभ्यम्। [उ० २० घन से० मी०]

३८–२·५ इत्यापेक्षिकघनत्वीयस्य शीशकमयस्य कर्गदभारकस्यैकस्य (Paper weight) भार: २०० ग्रामपरिमित:। जले तोलनात् तस्य भार: केवलं १०० ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि कर्गद्भारकस्याभ्यन्तरे कियन्मात्रं शून्यस्थानं वर्तते ? [उ० २० घन० से० मी०]

३९–एकस्मिन् स्वर्णाभरणे रजतमिश्रणं वर्तते वायौ तस्य भार: १६६·५ ग्रामपरिमित: जले च १५७·५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदि चेत् शुद्धस्वर्णस्य आपेक्षिकं घनत्वं १९·५ इति स्यात् रजतस्य च १०·५ इति स्यात् तर्हि आयतनापेक्षया कस्मिन् अनुपाते स्वर्णेन सह रजतस्य मिश्रणं वर्तते। [उ० आयतनापेक्षया ८:१ इत्यनुपाते]

४०–एकस्मिन् स्वर्णाभरणे किञ्चित्ताम्रमिश्रणं वर्तते। वायौ तस्य भार: ३८८·५ ग्रामपरिमित: जले च ३६७·५ ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदि चेद् शुद्धस्वर्णस्य आपेक्षिकं घनत्वं १९·५ इति भवेत् शुद्धताम्रस्य च ९·० इति भवेत् तर्हि आयतनापेक्षया कनकताम्रौ कस्मिन् अनुपाते मिश्रितौ स्त: ? [उ० आयतनापेक्षया १९:२ इत्यनुपाते]

४१–दुग्धमापकस्य आकार: तस्य कार्यसम्पादनविधिश्च वर्णनीया। किं तस्मिन् आपेक्षिकघनत्वीयानि चिन्हानि समान्तराले वर्त्तन्ते ?

अध्यायः ६

वायु-सम्पीडनम् पम्पश्च (Atmospheric Pressure Pumps)

१--वायुमण्डलम्

पृथिव्याः चतुर्दिक्षु १०० मीलादपि अधिकोर्ध्वदेशपर्यन्तं वायुः उपलभ्यते। वायोर्वृत्तमिदं वायुमण्डलमित्यभिधीयते। वायुरित्येकं द्रव्य। अन्यद्रव्यवत् तस्मिन्नपि भारो वर्त्तते। अतः तेन सम्पीडनमपि क्रियते। सम्पीडनञ्चेदं वायुसम्पीडनमिति नाम्नाभिधीयते।

(आधुनिके भौतिकविज्ञाने वायुनामकस्य द्रव्यस्य निष्कृष्टं लक्षणम् अस्माभिर्नाधिगतम्। प्राचीनैः कणादगौतमचरकप्रभृतिभिर् भारतीयाचार्यैः सस्पष्टं वायुलक्षणं कृतम्। तेषां मतेन "तिर्यग्गतिमत्त्वे सति रूपरहितत्वविशिष्टस्पर्शवत्वं वायोर्लक्षणम्। अत्रैका विप्रतिपत्तिः समुपतिष्ठते। प्राचीनाचार्यैः वायौ गुरुत्वाभावः प्रतिपादितः। तेषां मतेन 'आद्यपतनासमवायिकारणत्वं गुरुत्वं पृथिवीजलवृत्ति। अर्थात् 'भार' इत्यपरपर्यायकं नाम गुरुत्वं पृथिव्यां जले च वर्त्तते न तद्भिन्नेषु द्रव्येषु। किन्तु, साम्प्रतिकैर्वैज्ञानिकैः वायौ भारसत्वमपि प्रतिपाद्यते। न केवलं प्रतिपाद्यत एव अपितु बैरोमीटरादियन्त्रसाहाय्येन तैः वायुवृत्तिगुरुत्वं प्रत्यक्षीक्रियते। प्राचीनमतानुयायिभिर् अत्रोच्यते यत् बैरोमीटरादियन्त्रद्वारा प्रत्यक्षीकृतं गुरुत्वं वायुमण्डले वर्तमानानां क्षितिजलपरमाणूनामेव धर्मः न तु वायुद्रव्यस्य।

तथाच, केचिद् विद्वांसः वायो रूपिद्रव्यत्वमपि कल्पयन्ति। तदपि सम्यङ् निराकृतं प्राचीनमतानुयिना श्रीमधुसूदनशर्मणा पञ्चभूतसमीक्षात्मके स्वकीये निबन्धे। १९३५ खीष्टाब्दस्य दिसम्बरमासे मालवीयमहोदयैः काशीहिन्दूविश्वविद्यालयसंस्थापकैः महामनामालवीयमहोदयैः विश्वविद्यालये पञ्चभूतसमीक्षार्थं प्राचीनभारतीयमतानुयायिनां अर्वाचीनवैज्ञानिकमतानुयायिनांञ्च सम्मिलितगोष्ठ्यां निर्णायकपदासीनेन श्रीमता मधुसूदनशर्मणा प्राचीनपञ्चभूतसिद्धान्तप्रतिपादकः निबन्धः पठित आसीत्। समुपस्थितविषयस्य गभीरया पर्यालोचनया परिषदि समवेतैः विद्वद्भिः ऐकमत्येन अङ्गीकृतं यत् भारतीयर्षीणां पञ्चभूतसिद्धान्तोऽद्यापि अक्षुण्ण एव वस्तुतः पञ्चभूतानां यथार्थस्वरूपस्य अवगत्यभावादेव नव्यवैज्ञानिकैः तद्विषयकः सिद्धान्तः आक्षिप्तोऽभूत। तस्मान्निबन्धाद् वायो रूपिद्रव्यत्वप्रतिपादकसिद्धान्तस्य निराकरणात्मकः अंशोऽत्र उद्ध्रियते।

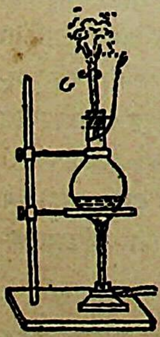
"अथ वायोरूपि द्रव्यत्वं वायुसंघस्य च नीलवर्णत्वमित्यपि केषाञ्चित् प्रलापमात्रम्। नीरूपे रूपकल्पनाया अवैज्ञानिकत्वात्। सौरज्योतिर्मण्डलात् तु बहिर्धा चतुर्दिक्षु कश्चिद्

वायुसमुद्रः पर्य्याप्नोति । स चाज्योतिष्मत्वान्निविडन्धकारः सम्भाव्यते । सोऽयं घोरान्धकारः सौरहिरण्मयज्योतिः पटलाभ्यन्तरतो दृश्यमानो रासायनिकसंयोगविशेषमाहात्म्यान्नीलभूतोऽवलोक्यते । यथा सूर्यस्यायमेकैको रश्मिः कृष्णधूमलशोणहैमपीतहरितनीलभेदात् सप्तनाडीमयो दृश्यते । तत्राय नीलो वर्णः सांयौगिको विकारो यया प्रक्रिययाऽभिनिष्पद्यते तयैवायमिहापि कृष्णो वर्णविशेषो नीलिमा सम्भवति । तदेतदेवेदं नीलमाकाशं परिपश्याम इति मन्यामहे ।

यद्यप्यन्ये केचिद् विद्वांसो घनीकृते वायौ हरितरूपोपलब्धिवशाद् वायुरयं हरितरूपोऽस्तीति कल्पयन्ति । तदप्ययुक्तम् । वाष्पावस्थस्यैव वायुत्वेन प्रतिपन्नतया घनतायां वायुत्वस्य निरस्तत्वात् । यत्तु भवति जलं वाष्पावस्थं, तरलावस्थं, घनावस्थं चेति नैतावता जलस्य जलत्वं व्याहन्यते । आक्सीजनैकपरमाणुसमवेत-हाइड्रोजनपरमाणुद्वयसंघातरूपस्य जलत्वस्यावस्थात्रयेऽप्यक्षतत्वात् । एवमयं घनावस्थापि वायुत्वान्नापैतीत्यभिमन्यन्ते । तदप्यमत् । अग्निसंयोगाद् वाष्पावस्थस्य सोमसंयोगात्तु घनावस्थस्यैकत्वप्रतिपत्तिरवैज्ञानिकत्वात् । विशेषणभेदेन विशिष्ट भेदस्य प्रतिपन्नत्वात् । जलघनतासिद्धस्य तुषारस्य जलविलक्षण-कतिपयधर्मैरूपेततया तत्र जलत्वाभिमानस्यानवक्लृप्तत्वाच । तथाच, वायुघनतायां रूपोपलब्धावपि स्वरूपेणायं वायुर्नीरूप एवेति सिद्धम् । ”

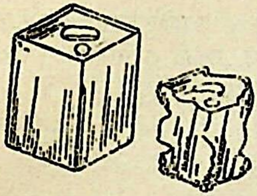
आधुनिकवैज्ञानिकप्रक्रियावर्णनात्मकेऽस्मिन् ग्रन्थे विस्तरेण वैदिकविज्ञान सिद्धान्त वर्णनस्य अप्रासङ्गिकत्वात् यत्रतत्र स्वरूपपरिचयार्थं समन्वयस्थापनार्थञ्च वैदिकविज्ञानसिद्धान्तस्य यत्किञ्चिद्वर्णनम् उपन्यस्तम् । इत्यलम् ।।]

२—वायौ भारस्य सत्ता


चित्रम् ६·१

प्रायेण ४०० घनसेण्टीमीटरीयायतनक फ्लास्कनामकमेकं शीशकपात्रमादाय तस्मिन् एकच्छिद्रयुक्तं रबरकार्कं संयोज्य छिद्रे च शीशकनलिका संस्थाप्या यस्याः शिरोभागे पिंचकौकं संयुक्तं भवेत् (चित्रम् ६·१)। पिंचकौकञ्च (Pinch cock) विवार्य फ्लास्के च स्वल्पं जलं निधाय क्वथनीयम् । किञ्चित्कालपर्यन्तं जले क्वथिते पिंचकौकेन रबरनलिकां संवृत्य त्वरितमेव वह्निज्वाला अपसार्या । फ्लास्कं शीतलीकृत्य सुग्राहिकयैकया तुलया तोलनीयम् । तदनु पिंचकौकं यत्किञ्चिद् विवार्य ततः वायुः ‘हिस्’ इति शब्दं कुर्वन् फ्लास्काभ्यन्तरे सञ्चरिष्यति तोलनाद् ज्ञायते यद् पूर्वापेक्षया फ्लास्कस्य भारः अधिको जातः । अनेन सिध्यति यद् वायौ भारो वर्त्तते ।

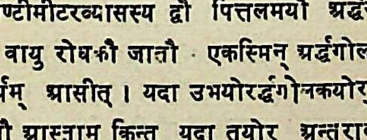
३—वायुः सम्पीडनं जनयति ।



चित्रम् ६·२

(१) सूक्ष्मटिनपट्टिकानिर्मिता संग्राहिका ग्राह्या यस्याः मुखम् अतिलघु भवेत् (चित्रम् ६.२ अ) । सङ्ग्राहिकायां किञ्चिज्जलं पूरणीयं तस्याः मुखे च एकं मीदृशं रबरकार्कं योक्तव्यं येन तदाभ्यन्तरे वायुप्रवेशो न भवेत् । ततः कार्कम् अपसार्य सङ्ग्राहिकायां स्थितं जलं क्वाथ्यम् । किञ्चित्कालं यावत् जले क्वथिते कार्केण सङ्ग्राहिकामुखं संवृत्य वन्हि-शिखा अपसार्या । किञ्चित्कालानन्तरं सङ्ग्राहिका चिपिटायते (चित्रम् ६·२ ब) । यदा सङ्ग्राहिकायां जलं क्वाथितं तर्हि तत्रस्थो वायुः निस्सृतः सङ्ग्राहिका च वाष्प-पूरिता जाता । सङ्ग्राहिकायाः शीतलीकरणात् वाष्पः जलरूपोऽभवत् सङ्ग्राहिकायाश्च आभ्यन्तरिकोभागः निर्वातोऽभवत् । अतएव वाह्यवायोः सम्पीडनात् सङ्ग्राहिका चिपिटाभवत् ।

२—वायोः सम्पीडनं प्रदर्शयितुं ३०० वर्षपूर्वं (१६५४ खीष्टाब्दे) जर्मनीदेशस्थ-मैग्डेबर्ग—(Magdeburg) निवासिना आटोवानगैरिक महोदयेन स्वकीय ऐतिहासिकः प्रयोगः कृतः । स ४५ सेण्टीमीटरव्यासस्य द्वौ पित्तलमयौ अर्द्धगोलकौ संगृह्य तौ इत्थं संयुज्याश्लेपितवान् यत् तौ वायु रोधकौ जातौ · एकस्मिन् अर्द्धगोलके एकं सुषिरमासीत् । तत्सुषिरं रोधकेनैकेन संवार्यम् आसीत् । यदा उभयोरर्द्धगोलकयोर् अन्तराले वायुरासीत् तदा तौ सारल्येन वियोज्यौ आस्ताम् किन्तु यदा तयोर् अन्तरालवर्त्ती वायुः पम्पेन निस्सारितस्तर्हि उभयत अष्टावष्टानां अश्वानां संयोजनाद् अपि तावर्द्धगोलकौ न वियुक्तौ जातौ ।



(अ)

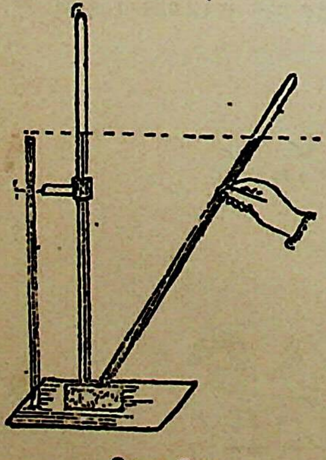


चित्रम् ६.३

३—सर्वप्रथमं गैलेलियोमहोदयेन प्रयोगद्वारा प्रत्यक्षीकृतं यत् जले ऊर्ध्वाधररूपेण स्थितायाः नलिकायाः वायोः निस्सारणे नलिकायां जलं प्रायेण १०२० सेण्टीमीटरपर्यन्तम् उत्तिष्ठति तदधिकोच्छ्रितिं यावत् उत्थातु न शक्नोति । स्वकीयप्रयोगद्वारा तेन परिणामोऽधिगतः यत् वायौ भारः भवति वायुना च सम्पीडनं क्रियते तदनन्तरं १६४३ खृष्टाब्दे गैलेलियोमहोदयस्य अन्तेवासिना इटलीदेशीयेन टौरीसेलीमहोदयेन (Torricelli) एकः प्रयोगः कृतः । तेन प्रयोगेण वायुजनितस्य सम्पीडनस्य मापनविधिः परिज्ञातः । तस्य प्रयोगोऽत्र वर्ण्यते ।

प्रायेण एकमीटरदीर्घा अर्धसेण्टीमीटरव्यासवती स्थूलशोशकमयी नलिका गृह्यते । तस्या एकस्यां दिशि वर्तमानं शिरोमुखं अवरुद्धयते । संवृतं शिरः अधोमुखं आधृत्य ऊर्ध्वस्थितात् शिरोमुखात् पारदः पूर्यते । येन नलिका साकल्येन सम्पूर्यते । यदि मध्ये कश्चिद् वायुबुद्बुदोऽवशिष्टः तर्हि अङ्गुल्या नलिकां शनैश्शनैः आहत्य बुद्बुदः निस्सार्यते । ततश्च नलिकायाः विवृतं शिरोमुखं अङ्गुष्ठेन संवृत्य नलिकां एकस्मिन् पारदपूर्णे चषके विपर्यस्यते यदा च नलिकायाः विवृतं मुखं चषकस्थितपारदस्य तलं प्राप्नोति तदा अङ्गुष्ठोऽपसार्यते । अङ्गुष्ठापसारणादेव सत्वरः पारदः अधो गच्छति किन्तु किञ्चित्कालानन्तरं पारदतलं स्थिरं भवति । चषकस्थितपारदतलात् यदि नलिकास्थितपारदतलस्य ऊर्ध्वाधरोच्छ्रितिः माप्यते तर्हि तन्मापनमेव वायुसम्पीडनं भवति । समुद्रतले वायुसम्पीडनं पारदस्य ७६ सेण्टीमीटरपरिमितेन ३० इञ्चपरिमितेन वा मापेन तुल्यं भवति ।

६.४ इति चित्रे प्रदर्शितरीत्या यदि नलिका विनाम्यते तर्हि पारदः नलिकायाम् ऊर्ध्वम् उद्गच्छति किन्तु तत्तलस्य ऊर्ध्वाधरोच्छ्रितिः न परिवर्त्यते । समधिकं साचीकरणात् नलिका उपरिभागपर्यन्तं पारदेन पूर्यते । अनेन सिद्धयति यत् पारदोपरि वर्तमाने रिक्तस्थाने वातस्य अभावो भवति । स्थानमिदं टौरीसलीयनिर्वात इति नाम्नभिधीयते ।



चित्रम् ६.४

यदि चेत् पारदनलिकाम् ऊर्ध्वाधरं संस्थाप्य कस्मिंश्चिद् सरलाधारे संयुज्यते तर्हि सरलवातमापकः (बैरोमीटर) निर्मीयते । यदि मापिकया पारदतलात् नलिकोच्छ्रितिः माप्यते तर्हि वायुसम्पीडनं ज्ञायते । किन्तु, तत्र निम्नाङ्किताः दोषाः भवन्तिः—

(१) शीशकनलिकायाः रक्षणोपायो नास्ति चषके पारदतलम् अनाच्छादितं भवति यत्र चजः कर णानां विनिपातो सम्भाव्यते ।

(२) उच्छ्रित्याः मापनार्थं काचिद् शुद्धमापिका, यस्यां वर्नियरस्य साहाय्यं सम्भाव्यते, न भवति ।

(३) वातमापकश्चायम् एकस्मात् स्थानाद् अन्यत्र नेतुं न शक्यते तथा चायं कुड्ये नावलम्बनीयो भवति ।

दोषाणामेषाम् अपसारणबुद्धया फौर्टिनमहोदयेन (Fortin) एकः वातमापकः निर्मितः । तन्नाम्नैव अयं फौर्टिनवातमापक इत्यभिधीयते ।

४—फौर्टिनीयः वातमापकः (Fortings barometer)—

सरलवातमापकस्य दोषान् दूरीकर्त्तुं फौर्टिन–(Fortin) महोदयेन एको वातमापकः निर्मितः यः तन्नाम्नैव फौर्टिनीयः वातमापक इत्यभिधीयते । ६·५ इति चित्रेऽयं प्रदर्शितः । सरलवातमापकवदेव अस्य निर्मितिर्भवति । तत्र एतावन्मात्रम् अन्तरं भवति यत् अस्य शरावस्य तलं उन्मुक्तं भवति तत्र च एकं चर्ममयं तलं संयुक्तं भवति यत् चूलिकया एकया ऊर्ध्वम् अधो वा नेतुं शक्यते । पारदशरावः नलिका च एकस्मिन् पित्तलपुटके संवृते भवतः येन् तयोर्भङ्गो न भवेत् । शरावे नलिकायाञ्च पारदतलं पठितुं अनावृतं स्थानं वर्तते । मापिकायाः शून्यं सूचयितुं 'स' इत्येको हस्तिदन्तविर्मितः सूक्ष्माकमः सङ्केतकः संयुक्तो भवति यः सम्पीडनमापनसमये पारदतलं स्पृशन् तिष्ठति । नलिकायां पारदतलं याथार्थेन पठितुं 'व' इति वर्नियरस्य प्रबन्धः भवति यस्य साहाय्येन मिलीमीटरस्य दशमभागपर्यन्तं विंशभागपर्यन्तं वा दैर्घ्यस्य याथार्थ्येन पठनं शक्यं भवति । शरावतलं बाह्यवायुना सम्बद्धुम् शरावः चर्मशकलेनैकेन संव्रियते । चर्मखण्डात् पारदः बहिः निस्सरितुं न शक्नोति किन्तु वायुः तदन्तरालात् परिसृत्य पारदतले सम्पीडनं कर्त्तुं शक्नोति । सम्पूर्णो वातमापक एकस्मिन् काष्ठफलकेऽवलम्बितो भवति यत् कुड्येऽवलम्ब्यते । इत्थं वातमापकेऽस्मिन् सरलवातमापकस्य सर्वे दोषाः दूरीकृताः । किन्तु, अयञ्चापि वातमापकः अतिदीर्घोऽस्ति । अत एकस्माद् स्थानाद् अन्यत्र नेतुं नायम् अधिकोपयोगी । एतत्प्रयोजनाय 'निर्द्रवः वातमापकः प्रयुज्यते ।

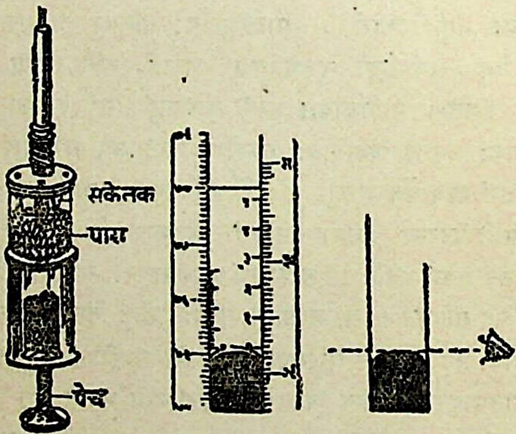


चित्रम् ६·५

५—फौर्टिनीयेन वातमापकेन वातसम्पीडनमापनम्—

सर्वप्रथमम् अवलोक्यते यत् 'स' इति हस्तिदन्तसङ्केतकस्य सूक्ष्माग्रः शरावस्थस्य पारदस्य तलं सम्यक्तया स्पृशति न वा । यदि चेत् सङ्केतकस्य सूक्ष्माग्रः पारदतलात् दूरे तिष्ठति तर्हि 'प' इति अधोवर्त्तिचूलिकया पारदतलं तावन्मात्रं ऊर्ध्वं नीयते यत् तेन सङ्केतकाग्रः याथार्थ्येण स्पृश्यते । तथा च यदि सङ्केतकः पारदेऽधिकं निमग्नः तर्हि विपरीतायां दिशि चूलिकां परिभ्राम्य पारदतलम् तावन्मात्रम् अधः क्रियते यत् तेन सूक्ष्माग्रः याथार्थ्येन स्पृश्यते (चित्रम् अ) । समञ्जनञ्चेदं शून्यसमञ्जनम् (Zero Adjustment) इत्यभिधीयते । यदा समञ्जनञ्चेदं याथार्थ्येण तिष्ठति तर्हि सङ्केतकाग्रः स्वच्छे पारदतले स्वप्रतिबिम्बस्य अग्रभागं स्पृशतीति प्रतीयते । पुनश्च नलिकायां पारदतलं

पठितुं वर्नियराल्पतमाङ्कः परिज्ञायते वर्नियरञ्च पारदस्य उत्तलतलात् किञ्चिदूर्ध्वम् उत्थाप्य शनैः शनैः तावन्मात्रम् अथ आनीयते (चित्रम् ब) यत् तेन उत्तलतलस्य उच्चतम बिन्दुः स्पृश्यते । तदा उत्तलतलस्य उच्चतमबिन्दौ आकृष्टायाः स्पर्शरेखाया अभिमुखं चक्षुः स्थाप्यते (चित्रम् स) अस्मिन् मापनकर्मणि सौकर्यं कर्त्तुं वातमापकनलिकायाः पृष्ठभागे शुक्लशीशकमेकं संयुज्यते येन वर्नियरस्य स्पर्शनस्थितिः याथार्थेन ज्ञातुं शक्यते । मापिकायाः वर्नियरस्य चोभयोर्मापनस्य योगकरणात् वातसम्पीडनम् उपलभ्यते । अनेकवारं ईदृशं मापनं कृत्वा सर्वेषां मापानां मध्यमानं गृह्यते ।



चित्रम् ६·६

६—वातमापके पारदः किमर्थं पूर्यते ?

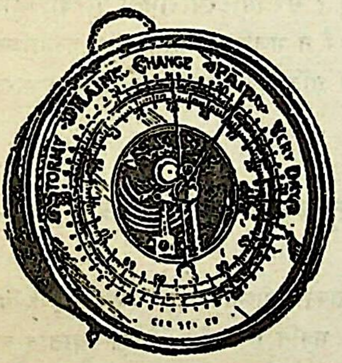
(१) पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वम् १३·६ इति भवति । वायुसम्पीडनतुल्यसम्पीडनं प्रयोक्तुं च तस्य ७५ सेण्टीमीटरपरिमिता उच्छ्रितिर् अपेक्ष्यते । यदि चेत् कश्चिद् ततो न्यूनापेक्षिकघनत्वीयो द्रवः गृह्येत तर्हि तावन्मात्रमेव अधिकोच्छ्रितिर् अपेक्षिता स्यात् । जलग्रहणात् १०२० सेण्टीमीटरपरिमितं ग्लिसरीनग्रहणाच्च ८१० सेण्टी-मीटरपरिमितं दैर्ध्यम् अपेक्षितं भवेत् । अधिकोच्छ्रितिकस्य वातमापकस्य पठने संस्थापने च असौकर्यं भविष्यति ।

(२) पारदः शीशकं नार्द्रीकरोति तस्य वाष्पञ्च निर्वातस्थाने अत्यल्पं सम्पीडनं प्रयुङ्क्ते ।

(३) यदि चेत् पारदस्थाने जलं प्रयुज्यते तर्हि शीतप्रदेशेषु जलं घनीभविष्यति यतः जलस्य हिमाङ्कः 0°c इत्यस्ति । किन्तु, पारदः न श्यायते यतः तस्य श्यायनीयः तापः प्रायशः—४०°c इत्यस्ति ।

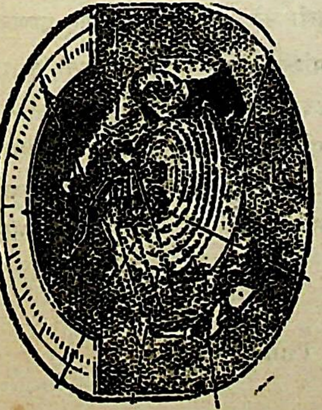
७—निर्द्रवः वातमापकः (Aneroid Barometer)

उपर्युक्तौ वातमापकावुभौ इतस्ततो वायुयाने वा नेतुं सर्वथैव अनुपयुक्तौ भवतः। यत ऊर्ध्वाधरं करणात् तयोः पारदस्य प्रथनाशङ्का भवति। अत एतदर्थं ईदृश एको वातमापकः प्रयुज्यते यस्मिन् कस्यचिदपि द्रवस्य प्रयोगो न क्रियते। तद्गुणानुसारेण अयं निर्द्रवो वातमापक इत्यभिधीयते।



चित्रम् ६.७

अयन्तु धातुनिर्मित एकः दृढः वर्तुलः पिटकः भवति यस्मात् सर्वथा वायुः निस्सार्यते तदनु च स शुद्धायोनिर्मितेन सूक्ष्मपट्टिकावरकेण संव्रियते। पट्टिवेयं समतला न भवति। अपितु तत्र गभीराणि उद्गतानि च खचितानि भवन्ति यतो बाह्यसम्पीडने स्वल्पपरिवर्तनात् पट्टिकेयं प्रचुरं ऊर्ध्वाधरं गन्तुं शक्नोति। ऊर्ध्वाधरे क्रियमाणे तत्र लीवरैः एकस्मिन् फलके भ्रमता सङ्केतकेन संवर्ध्य एका गतिःनिर्दिश्यते। अस्मिन् फलके प्रभञ्जनः, वर्षा, ऋतुपरिवर्तनम्, अतिशुष्कमित्यादीनि चिन्हानि अङ्कितानि भवन्ति। फलके सङ्केतकस्य स्थितिं दृष्ट्वा ऋतुसम्बन्धिनी कल्पनापि कर्तुं पार्यते। यदि च प्रामाणिकेन वातमापकेन सह तुलनां कृत्वा तदुपरि विभिन्नानां सम्पीडनानां चिन्हानि अङ्क्यन्ते तर्हि वातस्य यथार्थं सम्पीडनमपि पठनीयं भवति। वातमापकश्चायं घटिकाकारो भवति। अतएव स सौकर्येण यत्रकुत्रापि नेतुं शक्यते। तत्र कश्चिद् द्रवोऽपि न भवति यस्य प्रथनाशङ्का भवेत्।



चित्रम् ६.८

८—विभिन्नासु उच्छ्रितिषु वायुमण्डलस्य सम्पीडनम्—

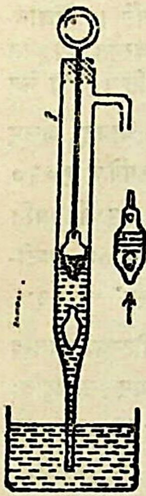
यदि अस्माभिः वायुमण्डले क्रमशः ऊर्ध्वोन्मुखम् आरोहणं क्रियते तर्हि वातमापकस्य अनावृतपारदतले सम्पीडनप्रयोजकवायुस्तम्भस्य उच्छ्रितिः ह्रासोन्मुखी भवति। अत ऊर्ध्वदेशं प्रति गमनात् वायुसम्पीडनं ह्रसति। तद्विपरीतं यदि समुद्रतलादधोवर्तिषु केषुचिद् अङ्गाराकारादिषु गमनं क्रियते तर्हि सम्पीडनप्रयोजकस्य वायुस्तम्भस्य उच्छ्रितिः वर्धमाना भवति अतो सम्पीडनमपि वृद्धिं गच्छति। प्रयोगेण परिज्ञातं यत् साधारणोच्छ्रितिं यावत् १०८ मीटरपरिमितोर्ध्वदेशे गमनात् १ सेण्टीमीटरपरिमिता पारदोच्छ्रितिः ह्रसति। किन्तु अधिकोच्छ्रित्यां नियमोऽयं याथार्थ्यं न भजति। अतो यदि कस्याञ्चिद् उच्छ्रित्यां गभीरत्वे वा वायोः सम्पीडनं परिज्ञातं तर्हि गणनाद्वारा तदुच्छ्रितिः गभीरत्वं वा ज्ञातुं शक्यते।

९—वायुसम्पीडनस्य परिवर्तनात् ऋतुविषयकं भविष्यद्वचनम्—

परिवर्तनञ्चेदं ऋत्वनुसारेण जायते। शीतकाले ग्रीष्मापेक्षया सम्पीडनम् अधिकं भवति। वर्षाकाले च ग्रीष्मापेक्षया किञ्चिन्न्यूनं भवति। जलीयं वाष्पं वातात् लघु भवति। अतो यदा वायुमण्डले जलीयं वाष्पं अधिकं भविष्यति तर्हि सम्पीडनं न्यूनं भविष्यति। वातमापके शनैश्शनैः वृद्धिः वायोः शुष्कतां सूचयति। तेनेदं भविष्यद्वचनं कर्त्तुं शक्यते यत् ऋतुः स्वच्छो वर्षाया अभावश्च भविष्यति। तद्विपरीतं यदि सम्पीडनमापकस्य उच्छ्रितिः क्रमशः ह्रासोन्मुखी भवेत् तर्हि ज्ञातव्यं यत् उष्णकालः समायाति वर्षायाश्च सम्भावना वर्तते। कस्मिंश्चिद् एकस्मिन् एव ऋतौ कदाचित् वातसम्पीडनमापकस्य पारदः ऊर्ध्वम् आरोहति कदाचिच्च अवरोहति। एतादृशं सहसा परिवर्तनं ऋतोर् अनिष्टत्वं सूचयति। यदि वर्षाकाले सम्पीडनं सहसा ह्रसति तर्हि शीघ्रमेव वर्षा भविष्यति ग्रीष्मे च सहसा घटितात् सम्पीडनह्रासात् शीघ्रमेव प्रभञ्जनः प्रवहतीति सूच्यते। शीतकाले यदि सम्पीडनं ह्रसति तर्हि वर्षायाः सम्भावना बोधव्या।

१०—साधारणः जलाकर्षकः (Water Pump)

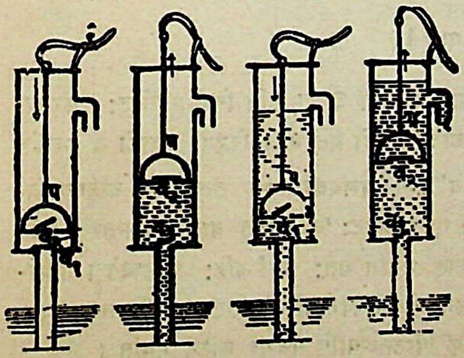
विदितप्राय एव सर्वेषाम् एतादृशः जलाकर्षकः। भाण्डात् मृत्तैलं निस्सारितुं भूगर्भात् जलाकर्षणाय अन्यानि चेदृशानि कार्याणि कर्त्तुम् अस्य उपयोगः क्रियते।



चित्रम् ६०९

यन्त्रमिदं रिक्ताभ्यन्तरिकेण वलयदण्डकेन निर्मितं भवति यस्याभ्यन्तरे पिस्टनमेकं ऊर्ध्वाधरम् अभिसारितुं शक्यते। अस्मिन् द्वौ कपाटौ भवतः उभावपि ऊर्ध्वं प्रति अपाव्रियेते। एकः कपाटः वलयदण्डस्य निम्नतमे भागे तिष्ठति यत्र वलयदण्डः अधोवर्तिन्या नलिकया मिलति द्वितीयश्च कपाटः पिस्टने तिष्ठति। ६·९ चित्रे समवलोकनात् कपाटयोर् एतयोः स्थितिः सम्यक्तया अवबोद्धुं शक्यते वलदण्डस्य ऊर्ध्ववर्तिशिरसः समीप एका निर्झरिणी भवति यतः द्रवः वहिः निस्सरति। पिष्टनं ऊर्ध्वाधः परिचालयितुम् एकः दण्डकः भवति यस्य सम्बन्धः एकेन लीवरेण भवति। लीवरस्य दीर्घा भुजा हस्तकम् इति नाम्नाभिधीयते। करेण हस्तकमिदं प्रगृह्य ऊर्ध्वाधः करणात् पिस्टनमपि ऊर्ध्वाधः परिसरति।

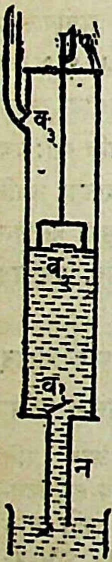
क्रिया—(Action) अग्रेऽङ्कितानां चित्राणाम् अवलोकनात् आकर्षकस्य क्रिया सम्यक्तया परिज्ञायते। प्रथमे चित्रे पिस्टनं सर्वथा अधस्तिष्ठति। द्वितीयचित्रे पिष्टनं ऊर्ध्वं प्रति आकृष्यमाणमस्ति। ऊर्ध्वं प्रति समाकर्षणात् पिष्टनस्य $व_1$ इति कपाटस्य च मध्ये अत्यल्पो वायुः शिष्यते तस्य सम्पीडनमपि अत्यल्पं भवति। अतएव जलोपरि प्रयुज्यमानवायुसम्पीडनात् $व_1$ इति वाल्वं ऊर्ध्वं प्रति अपाव्रियते पिस्टनस्य अधोवर्ति स्थानं च जलेन पूर्यते। $व_2$ इत्यूर्ध्ववर्तिकपाटोपरि सम्पूर्णवायुमण्डलस्य सम्पीडनं वर्तते अधोभागे च सम्पीडनं न्यूनं भवति अतएव कपाटोऽयं संवृतस् तिष्ठति (चित्र ब)।



चित्रम् ६·१० अ, ब, स, द,

पुनश्च पिष्टनम् अध आनीयते (चित्र स) तर्हि पिष्टनस्य अधोवर्तिनश्च कपाटस्य मध्ये पूरितं जलं पीड्यते तेन च $व_1$ इत्यधोवर्तिकपाटः संव्रियते। एतस्यैव जलस्य सम्पीडनं यदा ऊर्ध्वं प्रति प्रयुज्यते तर्हि पिस्टनस्य $व_2$ इति कपाटोऽपावृयते जलञ्च पिस्टनोपरि पूर्यते। यदा पिस्टनं पुनरुपरि आकृष्यते तर्हि तदुपरिवर्तिनः जलस्य वायोश्च सम्पीडनेन $व_2$ इत्यूर्ध्ववर्तिकपाटः संव्रियते पिष्टनस्य च अधोवर्तिनि रिक्तस्थाने अधःस्थानात् जलं समायाति यतः जलतले प्रयुज्यमानं वायुमण्डलस्य सम्पीडनं अधोवर्तिकपाटं अपावृत्य जलं ऊर्ध्वं प्रति नयति। ऊर्ध्वं प्रति पिष्टनस्य नयनात् जलतलं निर्गमनिकासमत्वं प्राप्नोति यतः जलं निर्गमनिकातः बहिः प्रवहति।

आकर्षकहस्तकं यावत्कालं परिचाल्यते इयमेव क्रिया सततं आवर्तते। विज्ञान-सिद्धान्तानभिज्ञाः जनाः कथयन्ति यत् पिष्टनेन जलम् आकृष्यते किन्तु वस्तुतः पिष्टनेन जलं न आकृष्यते तद्विपरीतं वायुमण्डलः स्वसम्पीडनेन जलम् उपरि प्रेरयति। यदि चेत् पिस्टनेन जलम् आकृष्टं स्यात् तर्हि काञ्चनापि उच्छ्रितिं यावत् जलम् आकर्षितुं शक्यं स्यात् किन्तु नेत्थं भवति। एतादृशेन आकर्षकेण १०२० सेण्टीमीटरपरिमितोच्छ्रित्या अधिकोच्छ्रितिं यावत् जलम् ऊर्ध्वं प्रति उत्थापयितुं शक्यं न भवति। यतः वायुसम्पीडनं पारदस्य ७५ सेण्टीमीटरपरिमित्याः तुल्यं, भवति पारदस्य आपेक्षिकं घनत्वं च १३.६ इत्यस्ति। अतो तेन ७५ × १३.६ = १०२० सेण्टीमीटरपरिमिताद् अधिकं जलसम्पीडनं धार्यं न भवति। सामान्यतः इयम् उच्छ्रितिः ९०० सेण्टीमीटरपरिमाणाद् अधिका न भवति। यदि चेद् जलस्य किञ्चित्तलं ९०० सेण्टीमीटरदैर्घ्याद् अधिकं गभीरं स्यात् तर्हि आकर्षक-वलयदण्डकस्य उच्छ्रितिः ९०० सेण्टीमीटरपरिमितैव क्रियते। तदनन्तरं निर्गमनिकास्थाने नलिकामेकां संयुज्य तस्यां वलयदण्डाद् बहिर् उन्मुच्य-मानः एकस्तृतीयः कपाट व$_3$ इति संयुज्यते येन जलम् अपेक्षितोच्छ्रिति-पर्यन्तं उद्गमयितुं शक्यते। ईदृशं आकर्षकयन्त्रं उत्थापकाकर्षक



चित्रम् ६.११ (Lift Pump) इति नाम्नाभिधीयते (चित्रम् ६.११)। अनेन केवलं पिष्टन ऊर्ध्वं प्रति उन्नीयमाने जलं वेगेन निस्सरति। अतएव तत् समानगत्या बहिर्न निस्सरति।

११—बलाकर्षकः (Force pump)

आकर्षकश्चायं ६.१२ इति चित्रे प्रदर्शितः। सरला-कर्षकादस्य भेदो यत् अस्य पिष्टने कपाटो न भवति 'अ ब' इति वलयदण्डकस्य तलसमीपे बहिरुन्मुच्य-मान एकः कपाटः 'व$_2$' इति वर्तते तदनन्तरञ्च एका नलिका भवति यतः जलं बहिः प्रक्षिप्यते। पम्प-स्यास्य वलयाकाराधारकोऽतिदृढो भवति तस्य वायु-रोधकं पिष्टनञ्चापि सर्वथा कठिनं भवति।

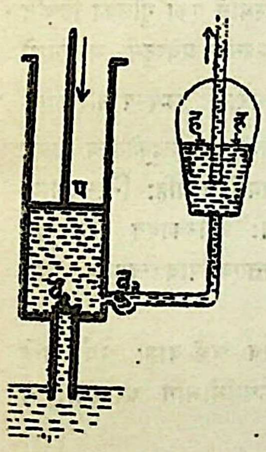


चित्रम् ६.१२

क्रिया—प्रारम्भे पिष्टनस्य द्विवारं त्रिवारं वा ऊर्ध्वाधः करणात् अधोवर्तिवायुः निस्सरति जलञ्च कपाटपर्यन्तम् उपैति। यदा च पिस्टनम् ऊर्ध्वं प्रति आकृष्यते तर्हि आधारिकाया आभ्यन्तरिकं सम्पीडनं ह्रसति। वायुमण्डलीयात् सम्पीडनात् 'व$_2$' इति कपाटोऽवरुद्धस्तिष्ठति 'व$_1$' इति कपाटश्च उन्मुच्यते जलञ्च नलिकाद्वारा

ऊर्ध्वम् उद्गच्छति। इत्थं पिष्टनस्य ऊर्ध्वाकर्षणात् आधारिकाभ्यन्तरं जलेन पूर्यते अधः सम्पीडनाच्च नलिकायाम् उपरि उद्गच्छति। अनेन पम्पेन् कामपि उच्छ्रितिं यावत् जलं प्रापयितुं शक्यते किन्तु उच्छ्रितिर् यावन्मात्राधिका स्यात् तावन्मात्रम् अधिकं बलं पिष्टने प्रयोज्यं भविष्यति तदनुसारं च यन्त्रस्य विभिन्नभागाः दार्ढ्ययुक्ताः कार्याः। उत्थापकपम्पवत् अस्मिन् पम्पेऽपि जलं समानगत्या न निस्सरति अपितु पिष्टनस्य अधोनयनसमये वेगेन निस्सरति।

समानगत्या जलस्य निस्सारणप्रबन्धः—



चित्रम् ६ १३

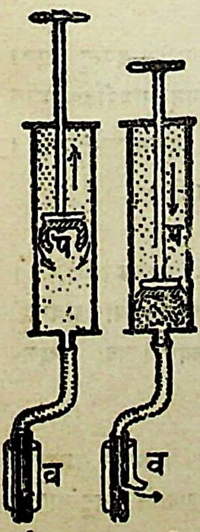
जलं समानगत्या निस्सारयितुं ऊर्ध्वोन्मुखनलिकायां एको वायुकोष्ठः सन्निवेश्यते, यथा चित्रे प्रदर्शितम्। यदा पिस्टनं अधः प्रति सम्पीड्यते तर्हि नलिकायां जलम् उद्गच्छति 'ह' इति स्थाने च आपूरितं वायुं सम्पीडयति। अनेनैव वायुना स्वकीयेन सम्पीडनेन जलं तदापि ऊर्ध्वं प्रति प्रक्षिप्यते यदा पिस्टनं ऊर्ध्वं प्रति गच्छति। इत्थं जलं प्रायशः समानगत्या बहिः निस्सरति।

१२—द्विचक्रिकायाः पम्पः (Bycle Pump)

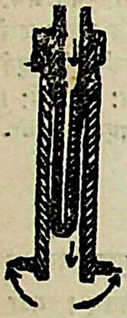
अयमेकप्रकारकः सम्पीडकः भवति। अत्र एकस्मिन् वलयाकाराधारके पिष्टनमेकम् ऊर्ध्वाधः परिचाल्यते। पम्पस्यास्य अधोवर्तिवाल्वः 'व' इति द्विचक्रिकायाः ट्यूबे तिष्ठति। ऊर्ध्ववर्तिनः वाल्वस्य च कार्यं चर्ममयेन एकेन वाशरेण (Washer) सम्पाद्यते। एकः मृदुचर्मखण्डः, यस्य अग्रभागाः अधः प्रति विनताः भवन्ति, एकस्मिन् लोहमये फलके पिस्टनेनैकेन सह संश्लिष्टो भवति। इदं चर्म 'वाशरम् (Washer) इति नाम्नाभिधीयते।

यदा पिस्टनं ऊर्ध्वं प्रति नीयते (चित्रम् अ) तर्हि तस्याधोवर्तिनि भागे वायुसम्पीडनं ह्रसति। अतो वायुमण्डलस्य वायुः वाशराधारकयोर् भित्यन्तरालात् संक्रम्य अभ्यन्तरं प्रविशति।

यदा पिस्टनम् अधः प्रति सम्पीड्यते (चित्रम् ब) तर्हि पिस्टनस्य अधोवर्तिनः वायुसम्पीडनं वर्धते। प्रचुरसम्पीडनात् वाशरं पम्पस्य आधारकेण संश्लिष्यते येन वायुः निस्सरितुं न शक्नोति। प्रचुरसम्पीडनप्रयोगात् द्विचक्रिकायाः ट्यूबे संयुक्तं 'व' इति वाल्वं विवृतं भवति वायुश्च ट्यूबे परिसरति।



चित्रम् अ-ब ६·१४



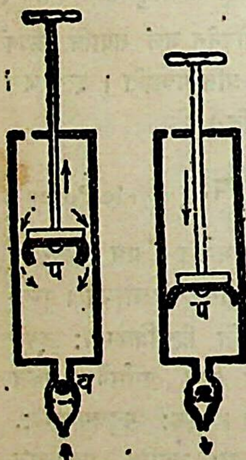
चित्रम् ६·१५

पुनश्च यदा पिष्टनम् ऊर्ध्वं प्रति नीयते तदा वायुः पम्पस्य आधार के पूर्यते पिस्टनस्य सम्पीडनने च भूयो ट्यूब्रे गच्छति इत्थं ट्यूब्रे इच्छानुसारेण अत्यधिकसम्पीडनेन वायुः पूरयितुं शक्यते। 'व' इति वाल्वं विवर्धितरूपेण ६.१५ चित्रे प्रदर्शितम्।

१३—पादकन्दुकीयः पम्पः (Football Pump)

अयमपि वायुपूरकः पम्पोऽस्ति। द्विचक्रिकायाः वायुपूरकादस्मिन् भेदोऽयं वर्तते यत् अस्य अधोवर्तिनि कपाटस्थाने एका गुलिका तिष्ठति (चित्रम् ६·१६) येन वायवे पादकन्दुकाभ्यन्तरे प्रवेष्टुम् अवकाशो दीयते किन्तु, यदा वायुः पादकन्दुकाभ्यन्तरात् पम्पस्य नलिकायां प्रत्यागन्तुं प्रयत्नं करोति तदा गुलिका पादकन्दुकीयस्य वायोः सम्पीडनात् उपरि संश्लिष्यति वायवे च बहिः निस्सरणावकाशो न ददाति। द्विचक्रिकायाः धारिकावत् पादकन्दुके कपाटो (Valve) न भवति। अतएव पादकन्दुकस्यः पम्पे गुलिकाया आवश्यकता भवति।

यदा मोटरस्य द्विचक्रिकायाश्च चक्रे वायुः पूर्यते तर्हि तेषां संपीड्यतायाः गमनेन ऊर्ध्वाधोभागे आघाताः न लगन्ति।



चित्रम् ६·१६

१४—वायोः कतिपयोपयोगाः—

(अ) वायवीयासन्दिका (Air cushion)—इयन्तु एका रबरनिर्मिता गोणिका भवति यस्मिन् सम्पीडकपम्पेन वायुं सम्पूर्य रोधनिकयैकया तस्याः मुखम् अवरुद्धयते। स्वकीयया सम्पीड्यतया स्थितिस्थापकगुणेन च इयम् आसन्दिकायते।

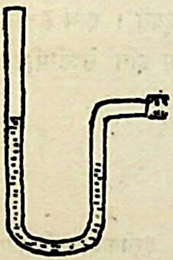
(ब) मारुती भुशुण्डी (Air gun)—इयमपि एकप्रकारकः सम्पीडकपम्पकोऽस्ति। तस्मिन् कोऽपि कपाटो न भवति नलिकायाः मुखञ्च एकयोच्छलनिकया अवरुद्धं भवति। प्रथमं वायुं सम्पीड्य तदनु उच्छलनिकां प्रति स उन्मुच्यते। तदा उच्छलनिकया गुलिकैका वेगेन बहिः प्रक्षिप्यते।

(स) गैसेषु स्टोवेषु च सम्पीडनेन वायुः पूर्यते। वायुश्चायं स्वकीयेन सम्पीडनेन तैलं ऊर्ध्वं प्रति उन्नयति यत्र तैलं प्रथमं वाष्परूपं गृह्णाति तदनु वाष्पः प्रज्वलति।

(द) क्षारीयजलस्य (Soda water) निर्वर्त्तकं यन्त्रमपि एकः सम्पीडकः पम्पो भवति येन कार्बनडायाक्सायिडस्य वलयाकाराधारपात्रात् कार्बनडायाक्सायिडो निस्सार्य तत्र सम्पीडनं च प्रयुज्य जले विलाप्यते ।

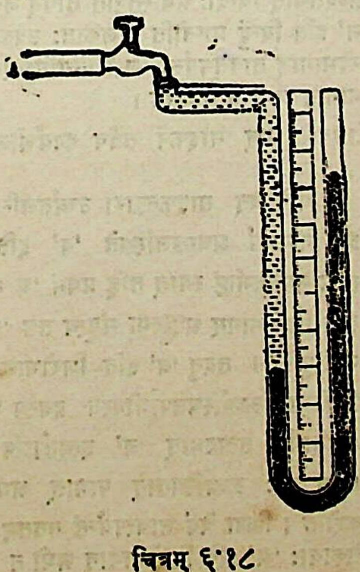
१५——सम्पीडनमापी मैनोमीटरं वा——

कस्यचिद् वाष्पीयपदार्थस्य मापनाय प्रयुज्यमानं यन्त्रं सम्पीडनमापी मैनोमीटरम् इति वाभिधीयते । अल्पम् अधिकञ्च सम्पीडनं मापितुं विभिन्नाकारकं मैनोमीटरं प्रयुज्यते ।



चित्रम् ६·१७

अस्य साहाय्येन वायुमण्डलादेकस्माद् अल्पम् अधिकञ्चोभय-प्रकारके सम्पीडने मापितुं शक्येते । ६·१७ इति चित्रे यथा-प्रदर्शितं तथैव यन्त्रमिदं शीशकनलिकयैकया निर्मीयते । केनचिद् उपयुक्तेन द्रवेण नलिकायाने प्रायशोर्धऽभागः पूर्यते तथाच मापक-पट्टिकयैकया सह एकस्मिन् आधारदण्डे संयुज्यते । यदि अत्यधि-कस्य सम्पीडनस्य मापनम् अपेक्षितं न भवति तर्हि एकः शिरोभागः विवृतस्तिष्ठति नलिकायाञ्च जलस्य पारदस्य वा उपयोगः क्रियते तदनुसारेण सम्पीडनमापकोऽयं जलीयः पारदीयो वा सम्पीडन-मापक इत्यभिधीयते । यदि चेद् अधिकस्य सम्पीडनस्य मापनम् अपेक्षितं भवेत् तर्हि पारदोपरि वायुः तिष्ठति नलिकाया ऊर्ध्वशिरोभागश्च अवरुद्ध्यते । भुजयोर्द्वयोः तल-योर्यावन्मात्रम् अन्तरं भवति तेनैव सम्पीडनस्य मापो ज्ञायते ।



चित्रम् ६·१८



चित्रम् ६.१९

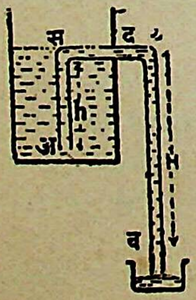
यदि चेद् प्रणालिकायाः जलप्रयुक्तस्य सम्पीडनस्य मापोऽपेक्षितः तर्हि प्रणालिका रबरनलिकैकया मैनोमीटरस्य एकेन बाहुना सम्बध्यते (चित्रम ६.१८) तदनु उभयोर्नलिकयोः पारदतलयोरन्तरं पठ्यते। पारददैर्घ्येऽयमेव जलीयं सम्पीडनं भवति। यदि चेद् स्वहृत्प्रदेशस्य वायोः सम्पीडनज्ञानम् अपेक्षितं भवेत् तर्हि मैनोमीटरस्य एकस्मिन् भुजे रबरनलिकां संयुज्य पूर्णशक्त्या आध्मानं क्रियते (चित्रम् ६.१९) वायोश्च निस्सरणावकाशो सर्वथैव अवरुद्धयते। मैनोमीटरस्य भुजयोरुभयोः पारदान्तरं पठ्यते। इत्थं हृत्प्रदेशीयं सम्पीडनं ज्ञायते। इदं अष्टौ दशवा इति सेण्टीमीटरपारदोच्छ्रित्या तुल्यं भवति।

१६—साइफनम् (Siphons)

उपकरणमिदं ६.२० इति चित्रे प्रदर्शितरीत्या 'अ स य ब' इत्येकया नलिकया निर्मीयते। नलिकाया 'ब' इत्येकः शिरोभागः 'अ' इत्यन्यशिरोभागात् अधो वर्तते। एतन्नलिकायाः साहाय्येन कस्माच्चिद् ऊर्ध्वतलस्थितात्पात्रात् अधस्तलस्थिते पात्रे द्रवो निस्सारितुं शक्यते पात्रयोश्च स्वस्थानाद् अपसारणस्य आवश्यकता न भवति।

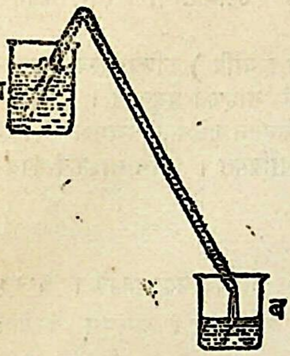
साइफनस्य कार्यम् अवबोद्धुं ऊर्ध्वस्थिते पात्रे किञ्चित् किञ्चित् उदकं निक्षेप्यम् यावज्जलतलं 'स' इति ऊर्ध्वतमात् बिन्दोः अधस्तिष्ठति तावत् जलं नलिकातः न निस्सरति किन्तु यावदेव जलतलं 'स' इति बिन्दुं प्राप्नोति नलिकातः उदकस्य निस्सरणं प्रारभते। तत्पश्चात् 'ब' इति शिरोभागात् तावत्पर्यन्तं जलं निर्गमिष्यति यावत् उर्ध्वस्थिते पात्रे जलतलं 'अ' इति शिरोभागात् अधो न गच्छति।

प्रयोगेणानेन स्पष्टीभवति यत् साइफनं तदैव कार्यशीलं भवति यदा तत् द्रवेण पूर्णतया पूर्यते।



चित्रम् ६.२०

यदि चेत् साइफनद्वारा उर्ध्वतलस्थितात् 'अ' इति पात्रात् द्रवं निस्सार्य अधस्तलस्थिते 'ब' इति पात्रे (चित्रम् ६.२१) तस्य नयनमभीष्टं स्यात् तर्हि प्रथमं 'अ ब' इति नलिकायाः 'अ' इति शिरोभागम् अङ्गुल्या संवृत्य तत्र 'ब' इति शिरोभागपर्यन्तं जलं पूर्यते। तदनु 'ब' इति शिरोभागमपि संवृत्य 'अ' इति शिरोभागं ऊर्ध्वस्थितपात्रीयस्य द्रवस्य अधस्तले नीत्वा अङ्गुलिर् अपसार्यते तत्पश्चात् 'ब' इत्यतोऽपि अङ्गुलिर् अपसार्यते। एतेन द्रवः ऊर्ध्वस्थितात् पात्रात् अधःस्थितं पात्रम् प्रति गतिं करोति। क्रिया चेयं तावत्पर्यन्तं सततम् आवर्तते यावत् ऊर्ध्वस्थितपात्रस्य द्रवतलं नलिकायाः 'अ' इति शिरोभागात् अधो न गच्छति।



चित्रम् ६·२१

साइफनस्य प्रक्रियां याथार्थ्येण अवबोद्धुं 'अ ब' इति नलिकायाः (चित्रम् ६·२०) उभयोः शिरोभागयोः प्रयुज्यमानसम्पीडनविषयकः विचारः करणीयः । कल्प्यं यत् वायुमण्डलस्य सम्पीडनं पारदस्य 'स' इति सेण्टीमीटरतुल्यं वर्तते 'अ' इत्यस्य च उपरिभागे द्रवस्य ऊर्ध्वाधरोच्छ्रितिः 'उ' सेण्टीमीटरपरिमिता 'ब' इत्यस्य च ऊपरिभागे द्रवस्योच्छ्रितिः 'ऊ' सेण्टीमीटरपरिमिता अस्ति । द्रवस्य घनत्वं 'घ' पारदस्य च 'घा' इत्यस्ति ।

यतः 'अ' इति शिरोभागे वायुमण्डलस्य स × दा इति सम्पीडनेन जलं ऊर्ध्वं प्रति उद्गमयितुं प्रयत्नः क्रियते 'उ' इति जलोच्छ्रित्याश्च सम्पीडनेन जलमध आनेतुं प्रयत्नः क्रियते । अतएव 'अ' इति शिरोभागस्य ऊर्ध्वं प्रति परिणामिसम्पीडनम् =

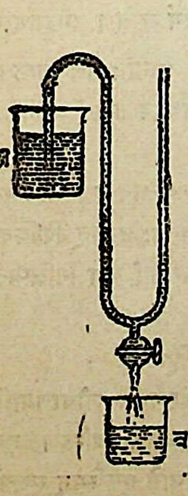
स × घा—उ × घ ग्रामस्य भारः······ (१)

इत्यमेव 'ब' इति शिरोभागस्य ऊर्ध्वं प्रति प्रयुज्यमानं सम्पीडनम्

= स × घा—ऊ × घ ग्रामस्य भारः······ (२)

यतः 'ऊ' इत्यधिकास्ति 'उ' इति चाल्पा अतएव 'अ' इति शिरोभागीयं सम्पीडनम् 'स × घा – ऊ × घ' न्यूनं भवति ।

सम्पीडनयोरुभयोरन्तरम् = (स × घा —उ × घ)—(स × घा—ऊ × घ) = घ (ऊ-उ) ग्रामस्य भारः



चित्रम् ६·२२

अनेनैव सम्पीडनेन 'जलम्' 'अ' इति शिरोभागात् 'ब' इति शिरोभागं प्रति प्रेर्यते ।

यदि चेद् 'अ' इत्यस्य 'ब' इत्यस्य च तले समे क्रियेते तर्हि सम्पीडनस्य अन्तरं शून्यं भवेत् द्रवस्य गतिश्चावरुध्यते । यदि 'ब' इति शिरोभागः 'अ' इति शिरोभागात् उच्चैः क्रियते तर्हि द्रवः 'ब' इत्यतः 'अ' इति शिरोभागं प्रति गच्छति ।

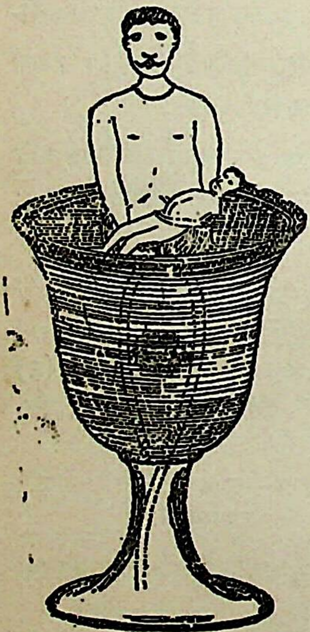
अतएव साइफने द्रवः सदा ऊर्ध्वतलात् अधस्तलं प्रति गच्छति ।

यतः 'अ' इति बिन्दोरुपरि द्रवः वायुमण्डलीयात् सम्पीडनाद् उद्गच्छति अतो यदि 'अ' इति बिन्दोरुपरि द्रवस्योच्छ्रितिः द्रवस्य वायुसम्पीडनमापकस्य उच्छ्रित्या अधिकोऽस्ति तर्हि द्रव उपरिपर्यन्तं कदापि उद्गन्तुं न शक्नोति । अतएव

'अ' इति शिरोभागोपरि द्रवस्य उर्ध्वाधरोच्छ्रितिः तस्य द्रवस्य वायुसम्पीडनमापकस्य उच्छ्रित्याः न्यूना भवेत्। जलार्थम् इयमुच्छ्रितिः १०२० सेण्टीमीटरपरिमित्याः न्यूनैव करणीया।

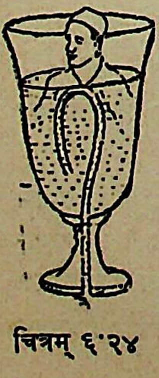
यदि चेत् करेण अस्पृश्यं क्षारकादिसदृशस्य (तेजाब इत्यादि) कश्चिद्द्रवस्य निस्सारणम् अभीष्टं स्यात् तर्हि '६·२२' चित्रे प्रदर्शिताकारकं साइफनं प्रयुज्यते। लघुभुजमुखे द्रवं निधाय अधोवर्तिनी निर्गमनिका अवरुद्धयते। विवृतेन मुखेन च स्वमुखं संयोज्य वायुराकृष्यते। इत्थं साइफनं पूर्यते। तदनु निर्गमनिका अपाव्रियते। अनेन साइफनं कार्यशीलं भवति।

१७—वासुदेवचषकः—



चित्रम् ६.२३

आपणे प्रायशः क्रीडनकमिदं दृश्यते। ६·२३ इति चित्रे क्रीडनकं प्रदर्शितम्। अस्मिन् वसुदेवः श्रीकृष्णम् अङ्क आधाय यमुनापारं गच्छतीति प्रदृश्यते। पौराणिककथानुसारेण यदा वसुदेवः यमुनापारं अगच्छत् तदा कालिन्दी श्रीकृष्णचरणस्पर्शाय ऊर्ध्वं उदगच्छत् चरणस्पर्शानन्तरमेव सा अधोऽगच्छत्। तत्र च अत्यल्पं जलं बभूव। अतो वसुदेवः सौकर्येण पारम् अगच्छत्। यदि चेद् अस्मिन् क्रीडनके शनैश्शनैः जलं निक्षिप्यते तर्हि प्रथमन्तु जलं सर्वथैव न निष्पतति तस्य तलञ्च ऊर्ध्वं प्रति उत्तिष्ठति किन्तु श्रीकृष्णचरणस्पर्शानन्तरं साइफनं क्रियाशीलं भवति। अतो शनैश्शनैः सम्पूर्णं जलं साइफनस्य नलिकाद्वारा निर्गच्छति। श्रीकृष्णस्य चरणौ साइफनस्य ऊर्ध्वतमस्य बिन्दोः तले तिष्ठतः (चित्रम् ६·३)। अतो जलं यावदेव तत्तलं प्राप्नोति साइफनं कार्यं प्रारभते।

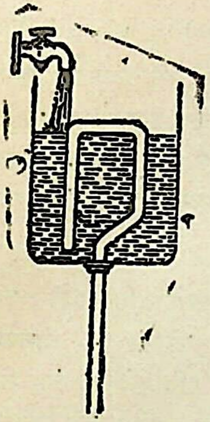


चित्रम् ६·२४

ईदृगेव टेन्टेलस कपनामकं अन्यदेकं क्रीडनकं भवति। अस्मिन् टेन्टेलसनामकस्य राज्ञः मुखं साइफनस्य ऊर्ध्वतमबिन्दोः तलात् किञ्चिदुपरि स्थाप्यते (चित्रम् ६·२४) यतः चषके यावन्मात्रं जलं निक्षिप्यते तत् बहिर्गच्छति राजा पिपासाकुल एव तिष्ठति।

१८—विरामपूर्वककार्यशीलं साइफनम्—

विशालसंस्थानके स्थितेषु विश्रामालयेषु ईदृशानि शौचालयानि भवन्ति यानि किञ्चित्कालानन्तरं जलेन स्वयमेव स्वच्छीभवन्ति। तत्र साइफनं प्रयुज्यते। प्रत्येकस्य शौचालयस्य ऊर्ध्वभागे एकस्मिन् स्वल्पो उदकाधानके जलनलिकातः जलागमनं भवति। उदकाधानके एकं

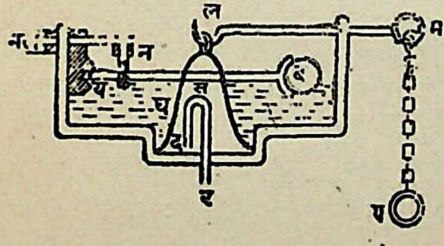


साइफनं सयुक्त भवति यस्य दीर्घैका भुजा आधानकतलात् निस्सृत्य शौचस्थानं प्रति गच्छति। नलिकायाः जलप्रवाहेण यदा जलतलं साइफनस्य ऊर्ध्वतमबिन्दु यावत् अभिगच्छति तर्हि युगपदेव अतिवेगेन गतिमता जलेन मलस्थानं शोध्यते। तदनु भूयो जलाधानकं शनैश्शनैः नलद्वारा जलेन पूर्यते। इत्थं स्वत एव किञ्चित्कालानन्तरं जलं प्रवहति येन मलस्थानं शोध्यते।

चित्रम् ६·२५

१९—साधारणं फ्लशम् (Flush)

फ्लशयुक्ते शौचालये ईदृशः प्रबन्धो भवति यद् एकस्याः शृङ्खलाया आकर्षणात् मलस्थाने अतिवेगेन जलम् आयाति। ६·२६ इति चित्रे ईदृशः प्रबन्ध प्रदर्शितः। उपकरणेऽस्मिन् घण्टाकारकं 'घ' इत्येकं पात्रकं 'द स र' इति साइफनोपरि इत्थं स्थापितं भवति यत् पात्रकस्य अधस्तात् जलगमनं सर्वथैव असम्भवं भवति। पात्रकं च लीवरस्य एकस्यां 'अ ल' इति भुजायाम् आलम्बितं भवति। लीवरस्य 'अ म' इतिभुजात एका शृङ्खला लम्बते। जलोपरि एकस्यां लौहशलाकायां संयुक्तम् एकं रिक्तपात्रकं प्लवमानं तिष्ठति। शलाका च पात्रककुड्यस्य एकस्मिन् 'य' इति बिन्दौ भ्रमणं कर्त्तुं शक्नोति। यदा उदकाधानके जलतलं साइफनतलाद् ऊर्ध्वं उद्गच्छति तर्हि शलाकासंयुक्त एकोऽवरोधकः जलागमनार्थं संयुक्तायां नलिकायां सन्निविष्टं "न" इति कपाटं अवरुणद्धि।

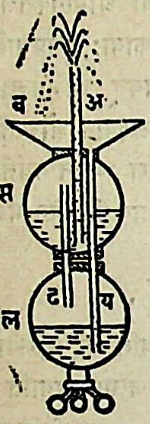


चित्रम् ६.२६

यदा फ्लशस्य प्रयोगोऽभीष्टः स्यात् तर्हि 'प' इति शिरोभागे शृङ्खला अधस्ताद् आकृष्यते येन घण्टा उपरि उत्तिष्ठति आधानकस्थितं जलञ्च साइफनतः निस्सृत्य अधस्तात् गच्छति। जलतलस्य अधोगमनात् 'ब' इति रिक्तं पात्रकमपि अधस्तात् गच्छति नलिकाकपाटश्च विवृतो भवति येन आधानके जलपूर्तिः प्रारभते। स्वभारेण जलसम्पीडनेन च घण्टा पुनर् अधोभागे संश्लिष्टो भवति साइफने च जलम् अवरुध्यते आधानके जलतलं यदा साइफनस्य तलादुपरि भवति तर्हि रिक्तपात्रकस्य शलाका नलिकाकपाटं संरुणद्धि येन आधानके जलागमनम् अवरुध्यते।

२०—हेरवीयः उत्स्रावकः (Hero's Fountain)

यदि चेद् उदकनलिकया ऊर्ध्वाधरैका सूक्ष्मनलिका संयुज्यते तर्हि नलिकायाः अपावरणात् नलिकामुखात् जलोत्स्रावः प्रारभ्यते यस्योच्छ्रितिः जलसम्पीडनसापेक्षा भवति। किन्तु, ईसातः १२० वर्षपूर्वे सिकन्दरियानिवासिना हेरोमहोदयेन एक उत्स्रावकः निर्मितः यस्य कार्यं वायोः स्थितिस्थापकसापेक्ष्यं भवति। अयन्तु 'स' इति 'ल' इति च द्वाभ्यां शीशकगोलकाभ्यां 'ब' इति स्थालिकयैकया निर्मीयते (चित्रम ६·२७)।



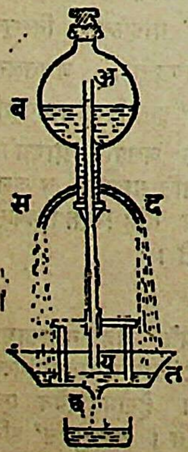
चित्रम् ६·२७

'य' इत्येका नलिका 'ब' इति स्थालिकायाः तलं 'ल' इति अधोवर्तिना गोलकेन संयोजयति नलिकाया अधश्शीर्षञ्च जले अधस्तात् निमग्नं भवति । 'द' इति नलिका उभयोर्गोलकयोर्वायुना सम्बन्धं स्थापयति । 'अ' इति एकस्याः तृतीयनलिकायाः अधश्शीर्षं ऊर्ध्ववर्तिनः गोलकस्य जलेऽधस्तात् निमग्नं भवति तस्य प्रतनुशिरोभागश्च वायौ उत्तिष्ठन् वर्तते ।

उत्स्रावकनिर्माणार्थं 'अ' इति नलिका बहिः निस्सार्यते । तस्य छिद्रतश्च जलं तावत् निक्षिप्यते यावत् ऊर्ध्ववर्तिनः गोलकस्य प्रायशः अर्धभागो जलेन पूर्यते । ततः 'अ' इति नलिका तस्य छिद्रे संयुज्यते । ततः 'ब' इति स्थालिकायां जलं निक्षिप्यते यत् 'य' इति नलिकातः प्रसृत्य अधोवर्तिनः गोलकस्य प्रायशोऽर्धभागं पूरयति । यदा अधोवर्तिगोलकः जलेन पूर्यते तर्हि तेन स्वोर्ध्ववर्ती वायुः 'द' इति नलिकातः ऊर्ध्ववर्तिगोलके प्रक्षिप्यते । अतो ऊर्ध्ववर्तिनः गोलकस्य जलतले वायोः प्रचुरं सम्पीडनं जायते येन 'अ' इति नलिकाया ऊर्ध्वशिरोभागात् जलस्रावः प्रारभते । जलस्रावोऽयं तावत्पर्यन्तं प्रचलति यावत् ऊर्ध्ववर्तिनि अधोवर्तिनि च गोलके जलं तिष्ठति ।

२१—सविरामप्रस्रावकः (Intermitant Fountain) :—

उपकरणेऽस्मिन् 'ब' इत्येकः शीशकगोलको भवति यस्य मुखं रोधकेन पिनद्धं भवति । अस्मिन् पात्रे 'स' इति 'द' इति च द्वौ प्रतनुनलिके संश्लिष्टे भवतः शीर्षयोरुभयोश्च 'अ य' इत्येका नलिका संयुक्ता भवति यस्याः 'अ' इति शीर्षं पात्रे ऊर्ध्वभागं यावत् उत्तिष्ठति 'य' इति अधश्शीर्षं च 'त' इति स्थालिकायाः जलतलाद् किञ्चिदूर्ध्वं वर्तते । 'त' इति स्थालिकायाः तले स्वल्पमेकं छिद्रं भवति यतः 'स' इति 'द' इति च



चित्रम् ६.२८

नलिकयोर् अपेक्षया अल्पं जलं बहिः निस्सरति । 'ब' इति पात्रस्य प्रायशः$\frac{3}{4}$ भागः जलेन संपूर्य रोधकः संयुज्यते तर्हि 'स' इति 'द' इति च नलिकाभ्यां जलं 'त' इति स्थालिकायां निष्पतति । 'अ य' इति नलिकायाश्च अधश्शीर्षतः 'ब' इति पात्रे वायुः गच्छति । 'त' इति स्थालिकातः स्वल्पं जलं बहिः निस्सरति एतेन स्थालिकायां जलतलं उन्नतं भवति तेन च 'य' इति नलिकाशीर्षम् अवरुद्धयते । यदा 'ब' इति पात्रे वायुर्न प्रविशति तर्हि 'स' इति 'द' इति च नलिकयोः जलनिस्सरणम् अवरुद्धयते । किञ्चित्कालानन्तरं यदा स्थालिकायाः जलस्य तलं अधो गच्छति तर्हि भूयः 'स' इति 'द' इति च नलिकाभ्यां जलप्रस्रावः प्रारभ्यते । इत्थं यावत्पर्यन्तं 'ब' इति पात्रके जलं तिष्ठति सविरामः जलप्रस्रावः प्रचलति ।

प्रश्ना :

१—प्रयोगेण साध्यं यत् वायौ भारो वर्तते तेन च सम्पीडनं प्रयुज्यते ।

२—ऋजुवातमापकः कथं निर्मीयते ? तत्र के दोषाः सन्ति ? ते दोषाः कथं निवारिताः ?

३—फौर्टिनीयस्य वातमापकस्य वर्णनं क्रियताम् । तेन वातसम्पीडनं कथं माप्यते ? किं भविष्यति यदि चेत्, (१) नलिका साचीक्रियते, (२) वातमापकः वायुयाने संस्थाप्य प्रचुरोच्छ्रितिं यावत् नीयते ?

४—निर्द्रवः वातमापकः कथं निर्मीयते । उच्छ्रित्याः मापनार्थं स कथं प्रयुज्यते ?

५—अस्माकं शरीरस्य प्रतिवर्गसेण्टीमीटरपरिमिते भागे यावन्मात्रं वायुसम्पीडनं जायते तस्य गणना कर्तव्या (वातमापकस्य उच्छ्रितिः = ७५ से० मी०)। वक्तव्यञ्च यद् अस्माभिः तत्सम्पीडनं कथं नानुभूयते ?

६—यदि अस्माभि १०२० सेण्टीमीटरेभ्यः अधिकोच्छ्रितिं यावत् जलोन्नयनम् अभीष्टं स्यात् तर्हि कीदृशः पम्पः प्रयोक्तव्यः ? चित्रेण तस्य प्रकिया व्याख्यातव्या जलप्रवाहस्य सातत्यस्थापनप्रबन्धश्च वर्णनीयः ?

७—चित्रण साधारणपम्पस्य क्रिया व्याख्येया । अनेन १०२० सेण्टीमीटरेभ्यः अधिकोच्छ्रितिं यावत् जलं कथं न उत्थाप्यते ?

८—वायुनिस्सारकः पम्पः कथं कार्यं सम्पादयति ? चित्रेण व्याख्येयम् । सवायुपूरक-पम्परूपे कथं परिवर्त्यते ?

९—द्विचक्रिकायाः पादकन्दुकस्य च पम्पयोः किमन्तरम् ? किमेकेन पम्पेन द्वयोरपि कार्यं कर्तुं शक्यते ? सविस्तरं व्याख्यातव्यम् ।

१०—मैनोमीटरेण नलोदकस्य स्वकीयहृत्पिण्डस्य च सम्पीडनं कथं माप्यते ?

११—साइफनस्य कः सिद्धान्तः ? अस्माकं दैनिककार्ये प्रयुज्यमानानां विभिन्न-प्रकारकाणां साइफनानां वर्णनं क्रियताम् ।

१२—चित्रेण फलशस्य कार्यं व्याख्येयम् ।

१३—चित्रेण हेरवीयस्य जलोच्छेपकस्य कार्यं व्याख्यातव्यम् ।

१४—विरामपूर्वकं कार्यशीलः जलोच्छेपकः कथं निर्मीयते ? चित्रेण तस्य क्रिया स्पष्टीकरणीया ।

द्वितीयः परिच्छेदः

ऊष्मा (Heat)

अध्यायः ७

द्रव्योपरि तापस्य प्रभावः तापमापनञ्च

१—ऊष्मा तापश्च (Heat and Temperature)

सर्वेषां विदितं यत् यदा वयं आतपे वह्निसकाशे वा तिष्ठामः तर्हि अस्माभिर् उष्मा अनुभूयते। यदि किञ्चिद्वस्तु किञ्चित्कालं यावत् अग्नौ आतपे वा स्थाप्यते तर्हि तत् उत्तप्तं भवति।

येन पदार्थेन अन्येषु वस्तुषु तापो जन्यते स ऊष्मा इति नाम्ना अभिधीयते।

यदि लौहखण्डः शीतलावस्थायां तोल्यते तदनन्तरञ्च तदुत्ताप्य तौल्यते तर्हि तस्य भारे किञ्चिदन्तरं न भवति। अनेन सिध्यति यत् ऊष्मणि कश्चिद् भारो न भवति अर्थात् ऊष्मा किमपि द्रव्यं न भवति। किन्तु, एतेन नेदं अवगन्तव्यं यत् ऊष्मा नास्त्येको भौतिकः पदार्थः। एवेषां विदितमेव यत् यदि एकम् उष्णं पात्रं शीतलपात्रेण सह संयुज्य स्थाप्यते तर्हि ऊष्मा उष्णपात्रात् शीतलपात्रं सङ्क्रामति। यन्त्रे दह्यमानस्य अङ्गारकस्य ऊष्मणा सहस्रावधिकमणभारान्वितानि शकटानि आकृष्यन्ते। अर्थात् ऊष्मा नाम एकप्रकारकोर्जा (Energy) येन वयं कार्यं कर्त्तुं शक्नुमः।

सामान्यतः वयं पदार्थान् संस्पृश्य वक्तुम् समर्थाः यत् कः पदार्थः उष्णः शीतलो वा। किन्तु, एकेन लघुप्रयोगेण प्रमाणयितुं शक्यं यत् अस्माकं स्पर्शेन्द्रियं उष्णतायाः केवलं आपेक्षिकं अनुभवं कर्त्तुं शक्नोति तत्तु तस्याः वास्तविकं ज्ञानं कर्त्तुं पूर्णतोऽसमर्थमेव। प्रयोगार्थं 'अ, ब, स' इति पात्रत्रये जलं ग्राह्यम्। 'अ' इति पात्रं शीतलमेव तिष्ठेत् 'ब' इति किञ्चिद् उत्ताप्यं 'स' इति च किञ्चिदधिकम् उत्ताप्यम्। स्वकीय एकः करः प्रायशः ५ मिनट पर्यन्तं 'अ' इति पात्रे द्वितीयश्च 'स' इति पात्रे निधातव्यौ। पुनश्चोभौ करौ 'ब' इति पात्रे निधातव्यौ तर्हि शीतलपात्रे स्थितेन करेण तत्पात्रम् उष्णम् अनुभूयते उष्णपात्रस्थितेन करेण च तत् शीतलमित्यनुभूयते अतएव अस्माभिः स्वस्पर्शेन्द्रियेण कस्यचिद् वस्तुनः शीतत्वोष्णत्वयोर् अनुभूतिः याथार्थ्येण कर्तुं न पार्यते। एतत्कार्यार्थं यत् यन्त्र प्रयुज्यते तत् तापमापकः थर्मामीटरमिति वा अभिधीयते वैज्ञानिकयां भाषायां च कस्यचिद् वस्तुन उष्णत्वं ताप इति नाम्ना अभिधियते। सामान्यानुभूतिविषयकमिदं तथ्यं यत् ऊष्मा समधिकात्तापात् अल्पतापं प्रति गच्छति। दृष्ट्या अनया अस्माभिः तापस्य अधोलिखिता परिभाषा कर्त्तुं शक्याः—

ऊष्मायाः गतिदिशः निश्चयकारिणी कस्यचिद् वस्तुनः ऊष्मासम्बन्धिनी दशा एव तद्वस्तुनः ताप इत्यभिधीयते। अर्थात् कस्यचिद् वस्तुनः तापेन अस्माभिरवगम्यते यत् ऊष्मा तद्वस्तुनः निष्क्रम्य अन्येषु पार्श्ववर्तिषु वस्तुषु सङ्क्रमणं करिष्यति अथवा पार्श्ववर्तिनः पदार्थात् तस्मिन् वस्तुनि आगमिष्यति।

ऊष्मा तापश्च अन्योन्यसम्बन्धिनौ स्तः। यतः यदि अस्माभिः कश्चिद् पदार्थः प्रचुरोष्मायुक्तः क्रियते तर्हि सामान्यतः तस्य तापः वृद्धिं गच्छति। किन्तु, एतेन नावगन्तव्यं यत् ऊष्मा तापश्च एक एव। यदि जले स्वल्पशर्करा विलाप्यते तर्हि तस्मिन् माधुर्यं सम्भूयते। यदि भूयः यत्किञ्चिच्छर्करा तत्र विलाप्यते तर्हि माधुर्यपरिमाणम् अधिकायते। परन्तु, एतेन अवगमनमिदं भ्रान्तिरेव भविष्यति यत् शर्करा माधुर्यञ्च एक एव पदार्थः। यतः यदि तावन्मात्रिकैव शर्करा स्वल्पे जले विलाप्यते तर्हि माधुर्यम् अधिकायते अधिकोदके च तस्याः मिश्रणेन माधुर्यं ह्रसति। इत्थमेव यदि एकस्मिन् पात्रे अधिकोदकम् अपरस्मिन् च स्वल्पं जलमादाय उभाभ्यां समानोष्मा निरन्तरं तुल्यकालपर्यन्तं दीयते तर्हि अधिकोदकस्य तापोऽल्पः अल्पोदकस्य च अधिको भविष्यति। यदि चेद् एकस्मिन् चीकरे जलं गृह्यते एकस्मिन् बाल्टीनामके पात्रे च ततोऽधिकं जलं गृह्यते तर्हि उभयोः क्वथनाय विभिन्नपरिमाणकं तापप्रयोजनम् अपेक्ष्यते। यद्यपि आदावन्ते च जलीयस्तापोऽवस्थाद्वये एक एव भविष्यति। हिमोत्तापनस्य तृतीयम् उदाहरणम् विचार्यम्। यदि चेद् एको हिमखण्डः सततम् उत्ताप्यते तर्हि अवलोक्यते यत् यावत् सम्पूर्णो हिमः न द्रवति तावत् तस्य तापो· वृद्धिं न गच्छति। उदाहरणैरेभिः सिध्यति यत् ऊष्मातापयोर् नैकत्वम्।

२—वस्तुषु ऊष्माप्रभावः—

यदा वस्तूनि ताप्यन्ते तर्हि तेषु अधोऽङ्कितानि परिवर्तनानि जायन्ते नामः—

(अ) तापस्य वृद्धिः।

(ब) दैर्घ्यस्य, विस्तारस्य आयतनस्य च वृद्धिः।

(स) अवस्थापरिवर्तनम्।

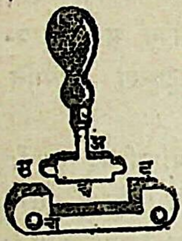
(द) कतिपयभौतिकानां गुणानां परिवर्तनम्।

(य) रासायनिकं परिवर्तनम्।

(अ) तापवृद्धिः—विदितप्रायमेव सर्वेषां यत् यदि कस्मिंश्चिद् एतादृशे पदार्थे ऊष्मा सञ्चार्यते यस्य भौतिक्यवस्थायाः परिवर्तनं न भवति तर्हि तस्य तापो वर्द्धते। किन्तु यदि तद्वस्तु घनावस्थातः तरलावस्थायां तरलावस्थातः वाष्पीयावस्थायां परिवर्त्यते तर्हि तस्य तापवृद्धिर्न भविष्यति।

(ब) तापप्रयोजनात् घनपदार्थानां दैर्घ्ये, विस्तार आयतने च वृद्धिर्भवति-घनानां दैर्घ्ये क्षेत्रफले च वृद्ध्याः प्रदर्शनार्थं "बारं गेजञ्चेति

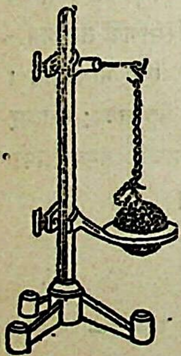
नामकोपकरणं प्रयुज्यते (चित्रम् ७.१) उपकरणेऽस्मिन् 'T' इत्याकारकः काष्ठहस्तकयुक्तः दण्डो भवति । दण्डस्यास्य दैर्घ्यं याथार्थ्येन तावन्मात्रमेव भवति येन स एकस्मिन् पत्रिकासंनिवेशे याथार्थ्येन निविशति दण्डस्य वृत्ताकारके 'स' इति 'द' इति च शीर्षे 'च' इति छिद्रे सन्निविशतः । करेण हस्तकं प्रगृह्य लौहदण्ड उत्ताप्यते तदनु पत्रिकाखचिते संयुज्य लक्ष्यते चेत् र्तीह लौहदण्डः पत्रिकाखचिते न समायाति यतः तस्य दैर्घ्ये



चियम् ७.१

वृद्धिर् जातास्ति । 'स' इति 'द' इति शीर्षे च क्षेत्रफले वृद्धि गच्छतः 'स' इति छिद्रे च न सन्निविशतः । किञ्चित्कालपर्यन्तं अनलाद् बहिः स्थापनात् दण्डः शीतलो भवति तदा स पत्रिकाखचिते समाविशति दण्डस्य वृत्ताकारके शीर्षेऽपि छिद्रे समाविशतः । अनेन सिध्यति यत् "तापनात् घनपदार्थानां दैर्घ्येक्षेत्रफले च वृद्धिर्भवति ।

आयतने घनपदार्थानां वृद्धि : साधयितुं ग्रेवसैण्डस्य (Gravesand) अयोवृत्तिकायाः गोलकस्य च प्रयोगः क्रियते । उपकरणञ्चेदं ७.२ इति चित्रे प्रदर्शितम् । साधारणतापे गोलकः वृत्तिकातः निस्सरति । किन्तु, यदा गोलक उत्ताप्य वृत्तिकायां निक्षिप्यते र्तीह स ततो न निस्सरति यदि किञ्चित्कालपर्यन्तं गोलकः वृत्तिकोपरि स्थापितो भवेत् र्तीह शैत्ययोगात् गोलकः सङ्कुचति वृत्तिका च उष्णतायोगात् वृद्धि गच्छति अतो गोलकः पुनः वृत्तिकातः निस्सरति ।

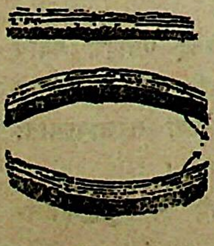


विभिन्नाः घनपदार्थाः ऊष्माप्रभावेण विभिन्नपरिमाणे वर्धन्ते ।

प्रयोगः—तुल्यदैर्घ्ययुक्ताः पित्तलपत्रिकाः लौहपत्रिकाश्च स्वल्पान्तरे 'रिवेटस्य' (Rivet) प्रयोगेण संयोज्याः । तदनु, संयुक्तपत्रिका उत्ताप्याः । ततः ७·३ (ब) इति चित्रे यथाप्रदर्शितं

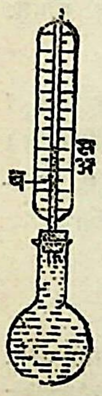
चित्रम् ७.२

पत्रिका इत्थं वक्रीभवन्ति यत् पित्तलपत्रिका ऊर्ध्वोन्मुखीना लौहपत्रिकाश्च अधः प्रति उन्मुखाः भविष्यन्ति । यदि चेत् संयुक्तपत्रिकाः सैन्धवमिश्रिते हिमे निक्षिप्यन्ते र्तीह (स) इति चित्रे यथाप्रदर्शितं पित्तलपत्रिका अधः प्रति लौहपत्रिकाश्च ऊर्ध्वं प्रति वक्रीभविष्यन्ति । एतादृशः वक्रत्वस्य कारणमिदं यत् तापनात् पित्तलः लौहापेक्षया अधिकतरां वृद्धि गच्छति शीतलीकरणाच्च अधिकतरं सङ्कोचं प्राप्नोति । अतएव प्रथमावस्थायां स वहिर्दिशि द्वितीयावस्थायाञ्च आभ्यन्तरं प्रति वक्रीभवति । एतादृशस्य धातुद्वयनिर्मितस्य दण्डकस्य प्रयोगः वह्निसूचकवैद्युतघण्टिकायां स्थिरतापस्थापकेषु अनेकोपकरणेषु क्रियते । प्रत्येकावस्थायां असमानप्रसारेण विद्युद्भ्रमिः पूर्णतां प्राप्नोति अथवा विच्छिन्ना भवति ।



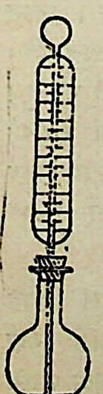
चित्रम् ७.३

ऊष्माप्रयोगेण द्रवा आयतने वृद्धिं गच्छन्ति:—तापेन द्रवाणां आयतने वर्धनं साधयितुम् एकस्मिन् फ्लास्कनामके शीशकपात्रे रक्तं जलं सम्पूर्य तस्य कार्के नलिकैका संयुज्यते। जलपरिमाणं च तावन्मात्रमेव भवति येन जलतलं कार्कोपरि नलिकायां 'अ' इति विन्दुस्थाने तिष्ठेत्। तदनु फ्लास्कः कस्मिंश्चिद् विस्तृते उष्णजल-युक्ते पात्रे निधीयते। ततः (कल्पनीयं यत्) जलतलं अधः प्रति 'ब' इति विन्दुपर्यन्तं गच्छति पुनश्च शनैश्शनैः ऊर्ध्वं प्रति वर्द्धते तथा च, 'स' इति विन्दुं प्राप्य विरमति। यदा फ्लास्कम् उष्णजले स्थाप्यते तर्हि तस्य शीशकं तापेन वर्द्धते। फ्लास्कीयायतनस्य वृद्धया रक्तोदकस्य तलम् अधः प्रति गच्छति पुनश्च यदा जले ऊष्माप्रवेशो भवति तर्हि तत् शनैश्शनैः वर्द्धते। आदौ जलतलम् 'अ' इति विन्दुस्थाने आसीत् इदानीञ्च तत् 'स' इति विन्दुस्थाने तिष्ठति। अतएव जलस्य आभासिकः प्रसारः 'अ स' इति नलिकाया आयतनेन तुल्योऽभवत्। किन्तु वास्तविकः प्रसारः "ब स" इति नलिकाया आयतनेन तुल्योऽभवत्। अतएव वास्तविकः प्रसारः = आभासिकः प्रसारः + शीशकपात्रस्य प्रसारः। विभिन्नानां द्रवाणां वृद्धिः विभिन्नैव भवति :—



चित्रम् ७.४

यदि चेद् एकायतनकानि फ्लास्कानि आदाय तेषु विभिन्नद्रवाः पूर्यन्ते तदनु च तानि फ्लास्कानि उष्णजलयुक्ते एकस्मिन् उदकाधारे निधीयन्ते तर्हि दृश्यते यत् विभिन्नानां द्रवाणां वृद्धिः विभिन्नप्रकारीया भवति।


चित्रम् ७.५

उपर्युक्ते प्रयोगे स्वल्पमेव परिवर्तनं कृत्वा वाष्पकानामप्यायतनस्य वृद्धिः द्रष्टुं शक्यते। एतत्प्रयोगार्थं नलिका फ्लास्कस्य तलपर्यन्तं प्रवे-ष्टव्या, फ्लास्कस्य तलप्रदेशे च स्वल्पं रञ्जितं जलं निक्षेप्यं यतः शीशकन-लिकाशीर्षं जले निमग्नं स्यात्। सम्प्रति फ्लास्कस्य अभितः स्वकीयं हस्ततलं प्रस्थाप्य फ्लास्काभ्यन्तरे स्थितं वायुं प्रति औष्ण्यं प्रेषणीयम्। तर्हि जलतलं ऊर्ध्वं प्रति उद्गच्छति। अनेन सिध्यति यत् उत्तापनात् वाष्पकाः अतिशयेन वृद्धिं गच्छन्ति।

(स) परिवर्तनम् —

सामान्येन अनुभूतोऽयं विषयः यत् यदा हिमः ताप्यते तर्हि स जल-रूपेण परिवर्त्यते। निरन्तरं तापनात् जलं वाष्पायते। तापनात् द्रावकः द्रवति। लौहस्वर्णरजतप्रभृतयः धातवोऽपि तापनात् द्रवन्ति। तत्र एता-वन्मात्रं वैशिष्ट्यं यत् तेषां द्रवणार्थं प्रचुरः तापोऽपेक्ष्यते। यदि चेत् तापसङ्क्रामणस्थाने

तापनिष्कासनं क्रियेत तर्हि अवस्थापरिवर्तनमिदं विपरीतक्रमेण प्रारभेत । अर्थात् शीतलीकरणात् वाष्पः जलायते जलञ्च हिमायते ।

(द) कतिपयगुणानां परिवर्तनम्ः—

वस्तूनां दृढ़ता, काठिन्यं प्रत्यास्थतादयोऽनेके गुणाः तापेन सह परिवर्त्यन्ते । शीतलं लौहं कठोरं भवति वक्रीकरणाच्च चिटकायते किन्तु तप्तं लौहं सारल्येन वक्रीक्रियते शीतलावस्थायां जस्तपदार्थः कठोरः भङ्गुरश्च भवति किन्तूत्तापनात् कोमलः घातवर्ध्यश्च सञ्जायते ।

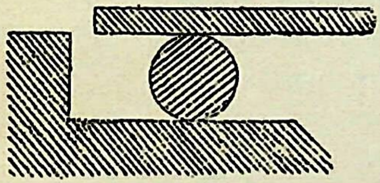
(य) रासायनिकं परिवर्तनम् - रसायनशास्त्रे वर्णितं यत् उत्तापनात् वस्तूनि आक्सीजनपदार्थेन मिलन्ति । उत्तापनेन मैगनोशियमपदार्थः दग्धोभूत्वा भस्मीभवति । गन्धकाङ्गारकौ दग्धौ भूत्वा वाष्पीयावसाइडरूपेण परिवर्त्येते । उत्तापनात् काष्ठम् अङ्गारकरूपेण परिणमति । इत्थं तापेन अनेकानि रासायनिकपरिवर्तनानि सम्भवन्ति ।

२—दैनिककार्येषु घनपदार्थानां प्रसारस्य उपयोग :—

(१) अश्ववाह्यशकटानां वाहकाः ग्रीष्मकालिके मध्याह्ने स्वकीययानचक्रयोः संयुक्तयोः लौहावरणयोः दृढीकरणाय तत्र जलं प्रक्षिपन्ति लौहकारेण यदा चक्रे लौहावरणम् आरोप्यते तदा चक्रापेक्षया लौहावरणं किञ्चिद् ह्रस्वं क्रियते । उत्तापनात् लौहावरणं वर्धते चक्रोपरि च समारोप्यते । तदनु तत्र जलं क्षिप्यते यतः तदावरणेन चक्रं दृढतया गृह्यते । बोतले अन्तर्निविष्टं शीशकावरोधकं निस्सारयितुं बोतलग्रीवा अभितः उत्ताप्यते । तापेन ग्रीवा स्फीता भवति अवरोधकश्च शिथिलीभूय निस्सरति । इत्थम् अस्माभिः स्वकीये दैनिककार्ये तापप्रयुक्तेन घनप्रसारेण साहाय्यम् उपलभ्यते । किन्तु सन्त्येव एतादृशीनि उदाहरणानि यत्रायं नियमोऽकिञ्चित्करो भवति । उत्तापनात् जलम् शून्यांशसेण्टीग्रेडात् (०°c) सेण्टीग्रेडचतुष्टयं (४°c) यावत् सङ्कुचति किन्तु ततः परं प्रसारमुपयाति । सिल्वरायोडायड (Silver Iodide) इति पदार्थस्य आयतनं ८०° सेन्टीग्रेडात् १४१° सेण्टीग्रेडपर्यन्तं ह्रसति ।

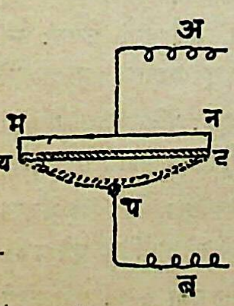
(२) वाष्पयानपथः खण्डद्वयमध्ये प्रायशः ½ इञ्चपरिमितम् अन्तरालं क्रियते यतः तापवृद्ध्या यानमार्गो वक्रत्वं न प्राप्नुयात् । ग्रीष्मकाले यदा यानपथस्य दैर्घ्यं वर्द्धते तदा अन्तरालमिद ह्रसति शीततां च यदा पथस्य दैर्घ्यं ह्रसति तर्हि अन्तरालम् अधिकायते । यदि चेत् यानमार्गे प्रयुक्ताः लौहखण्डाः सर्वथा संयुज्य निवेश्यन्ते तर्हि दैर्घ्यवृद्ध्या पथपट्टिका उपरि उद्गच्छेत् यानविपातश्च सञ्जायेत ।

(३) लौहमयानां विशालसेतूनां निर्माणे प्रसारस्य विचारः क्रियते। सेतोः सम्पूर्णं दैर्घ्यं अनेकभागेषु पृथक् २ विभज्यते। प्रत्येकस्य भागस्य शीर्षमेकं कोल्यते किन्तु शीर्षकमपरं वृद्धचर्थं स्वतन्त्रं क्रियते। स्वतन्त्रं शीर्षकं रोलरबेयरिंगोपरि (Roller Bearing) निधीयते (चित्रम् ७.६)। यदा सेतोः दैर्घ्यं वर्द्धते तर्हि शीर्षकमिदं बैरिंगसाहाय्येन अग्रे परिसरति।



चित्रम् ७.६

(४) धातूनाम् असमानप्रसारस्य उपयोगः वह्निसूचकघण्टिकायां क्रियते। समान-दैर्घ्ययुक्ते लौहमयी पित्तलमयी च पट्टिके 'न म' इति 'य ट' इति च गृह्येते। ते शीर्षयोरुभयोः संयुक्ते भवतः। यत्र वह्निसन्दीपनभयं विद्यते तत्र इमे पट्टिके निधीयेते। पट्टिकयैकया तन्तुमेकम् संयुज्य तस्य द्वितीयं शीर्षं विद्युत्कोशेन संयुज्यते। वैद्युतकोशस्य सम्बन्धः वैद्युतघण्टिकया क्रियते। वैद्युतघण्टिकातः द्वितीयपट्टिकां यावत् आगच्छतः तन्तुनः शीर्षं "प" इति पट्टिकया सर्वथा न संयुज्यते अपितु तत् एतावति दूरे स्थाप्यते यत् वह्निसन्दीपने जाते पट्टिका 'य ट' इति वृद्धिं गत्वा तत् स्पृशेत्। यावदेव वह्निसन्दीपनं जायते पित्तलपट्टिका अग्रे प्रसृत्य विद्युत्परिपथं सम्पूरयति घण्टिका च ध्वनिं कुर्वन्ती वह्निं सूचयति। उपकरणेऽस्मिन् पित्तलपट्टिकातः तन्तुशीर्षस्य अन्तरालं याथार्थेन परिमाप्य तावन्मात्रं करणीयं यत् पित्तलपट्टिकावृद्धिं गत्वा तत् स्पृशेत्। यदि चेत् अन्तरालं अल्पमात्रमपि अधिकं स्यात् तर्हि वह्निसन्दीपनेन भस्मीभूतेष्वपि गृहादिषु घण्टिकया वह्निसूचनं न क्रियते।



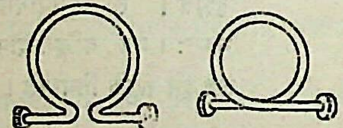
चित्रम् ७.७

(५) मापकशृङ्खलायां तापवृद्धौ सञ्जातायां प्रसार-संशोधनं अवश्यं कर्त्तव्यम्।

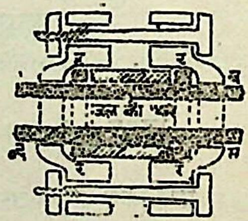
(६) यन्त्रस्य क्वथनकस्य (Boiler) फलकानां संयोजनाय तप्तरक्तरिवेटानि प्रयुज्यन्ते यैः शीतलीभूय फलकाः गाढेन गृह्यन्ते येन तेभ्यः वाष्पः बहिर्निस्सरितुं न शक्नोति।

(७) प्लेटिनमपदार्थः शीशकञ्च तुल्यरूपेण वृद्धिं गच्छतः। अतएव यदाकदा शीशके तन्तुसंयोजनं आवश्यकं भवति तर्हि प्लेटिनमतन्तुः संयुज्यते येन तयोः वृद्धयाः शीशकं खण्डितं न भवेत्।

(८) उष्णोदकस्य वाष्पस्य वा वाहकानां नलानां तापः अत्यधिकं परिवर्तनशीलं भवति अतएव तेषां नलानां दैर्ध्येऽपि न्यूनाधिक्यं भवति। यदि चेत् नलाः सामान्यतापे ऋजूकृत्य निविष्टाः स्युः र्ताह तापपरिवर्तनेन ते वक्रत्वम् प्राप्नुवन्ति। अनिष्टमिदं दूरीकर्तुं २० मीटरपरिमिते दैर्घ्ये ७.८ इति चित्रे प्रदर्शितरीत्या नलाः वक्रीक्रियन्ते। अथवा नलानां संयोजने तेषां वर्धनार्थम् अवकाशः क्रियते। ईदृक् संयोजनं ७.९ इति चित्रे प्रदर्शितम्। नलयोरुभयोर्मध्ये स्वल्पावकाशः त्यक्तः उभयोस्तयोश्च उपरिभागे एका अन्यापि नलिका आरोपिता यस्याः शीर्षमोरुभयोः 'र' इति रबरकुण्डले सन्निविष्टे। रबरकुण्डलोपरि आरोपिता नलिका अवरोधिकया कुण्डलितकीलकेन च सुदृढं संयुज्यते।



७.८ चित्रम्

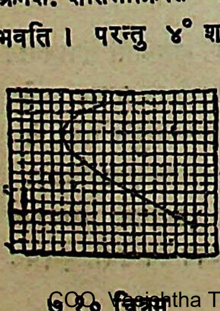


७.९ चित्रम्

४. जलप्रसारस्य वैलक्षण्यम्—

यदि एकस्मिन् गिलासनामके पात्रे जलमादाय तस्मिन् हिमशकलानि निधीयन्ते र्ताह तानि जलोपरि सन्तरणं कुर्वन्ति। अनेन सुस्पष्टं भवति यत् हिमः जलापेक्षया लघुः भवति। अस्यार्थोऽयं यत् 0° श (0°c) इत्यंशे शीतलीकरणात् जलं वर्द्धते। प्रयोगेण दृष्टं यत् 0° श (0°c) इत्यंशे ९१८ घनसेण्टीमीटरपरिमितं जलं तस्मिन् एव तापे १००० घनसेण्टीमटरपरिमितस्य हिमस्य रूपं गृह्णाति।

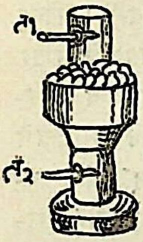
यदि प्रायः १२ अथवा १५° श (१२ या १५°c) इत्यंशके तापे जलमादाय तत् क्रमशः शीतलीक्रियते चेत् र्ताह ४°श (४°c) इत्यंशं यावत् तस्यायतनं क्रमशः ऊनं भवति। परन्तु ४° श (४°c) इत्यंशादधिकं शीतलीकरणात् आयतनं ह्रासस्थाने वृद्धिं गच्छति। इत्थं जलस्यायं व्यवहारः अतिशयोऽसामान्यः। यतः ०°श इत्यंशे जलस्यायतनं न्यूनतमं भवति। अतएव ४°श इत्यंशके तापे सर्वाधिकं भविष्यति। यदि चेद् जलस्य कस्मिंश्चिन् निश्चिन्मात्रकायतने तापे च वर्गाङ्किते पत्रे वक्रोऽङ्क्यते र्ताह स तादृशं रूपं गृह्णाति यथा ७.१० इति चित्रे प्रदर्शितम्।



७.१० चित्रम्

५. जलस्य अधिकतमं घनत्वं दर्शयितुं होपमहोदयस्य प्रयोगः

१८०५ इसवीये टी० सी होप (T.c. Hope) महोदयेन जलस्य अधिकतमं घनत्वं दर्शयितुं एकं वलयाकारं पात्रं गृहीतं यस्य मध्ये बहिर्भागे वृत्ताकारम् आधानकं निर्मितमासीत्। यथा ७.११ इति चित्रे प्रदर्शितम्। पात्रे तापमापकाय सुषिरद्वयम् आसीत्। तत्र एकम् आधानकस्योपरिभागे अपरञ्च अधोभागे आसीत्।



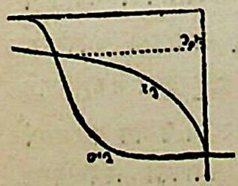
पात्राभ्यन्तरे शुद्धं जलं पूरितम् बहिःस्थित आधानके च हिमस्य लवणस्य च मिश्रणं पूरयित्वा मध्यतः जलस्तम्भस्य शीतलीकरणम् आरब्धं स्वल्पकालव्यवधानान्तरं च तापमापकाभ्यामुभाभ्यां तापो पठितः। प्रयोगारम्भे उभयोस्तापमापकयोस्ताप एक एव आसीत्।

७.११ चित्रम्

किञ्चित्कालानन्तरम् अधोवर्तिनः तापमापकस्य तापेन अवरोहणम् आरब्धं निरन्तरं च तेन तथैव अवरोहणं कृतम् यावत् ५°श० (४°c) इत्यंशं प्राप्य तेन स्थैर्यं प्राप्तम् तदनु च अवरोहणम् अवरुद्धम्। यस्मिन् समये तापोऽवरोहोन्मुख आसीत् तदा उपरिवर्तिनःतापमापकस्य तापे किञ्चिदपि परिवर्तनं न घटितम्। उपरिवर्तिनः तापमापकस्य तापः १०°श (१०°c) इत्यंशक एव तत्तापो स्थिरोऽभूत् यःप्रयोगारम्भे आसीत्। ततः किञ्चित्कालानन्तरम् उपरिवर्तिनोऽपि तापमापकस्य तापः क्रमशः अवरोहं कृतवान् तथाच अवरोहं कुर्वन् स ०° श (0°c) इत्यशं यावद् अगच्छत्। ०°श (0°c) इत्यंशं प्राप्य तापस्य अवरोहणं अवरुद्धं किञ्चित्कालानन्तरञ्च हिमस्य लघुशकलरूपेण जले घनत्वम् आरब्धम्। किन्तु, तदापि अधोवर्तिनः तापमापकस्य तापः ४°श (४°c) इत्यंशात् अधः न अपतत्।

व्याख्या (Explanation)

स्तम्भमध्ये जलस्य शीतलीकरणे क्रियमाणे प्रथमं ४°श (४°c) इति पर्यन्तं तापमापकस्य तापो न्यपतत्। अनेन स्पष्टीभवति यत् ४°शं (४°c) इति पर्यन्तं शीतलीभवनात् जलायतनं वृद्धिं गच्छति। अतएव गुरुभूतत्वात् जलम् अधोभागे स्थिरायते। परन्तु ४°श (४°c) इत्यंशोत्तरं भूयः उपरिवर्तिनः तापमापकस्य तापो अधोन्मुखो जातः ०°श (0°c) इत्यंशे च जलं हिमरूपे शीनं जातम्। किन्तु, अधोवर्तिनः तापमापकस्य तापः४° श (४°c) इत्यंशात् तापाद् अधो नागच्छत्। अनेन स्पष्टीभवति यत् ४°श (४°c) इत्यंशात् तापस्याल्पत्वे जलघनत्वं ह्रसति। अतएव लघुभूतत्वात् जलम् उपरिगच्छति किन्तु गुरुभूतत्वाद् अधोवर्ति जलं यथावत् तिष्ठति तस्य तापश्च ४°श (४°c) इत्यंशाद् अधो न निरतति। अतएव ४°श (४°c) इत्यत्र जलघनत्वं सर्वाधिकं भवति।



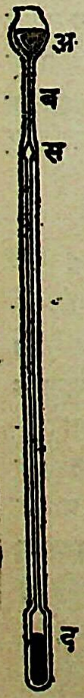
तापमापकयोरुभयोः तापे समये च अङ्कितयोर्वक्रयोराकृतिः ७.१२ इति चित्रे प्रदर्शिता।

७.१२ चित्रम्

दैनिकजीवने होपमहोदयस्य प्रयोगस्य महत्त्वम् :

होपमहोदयस्य प्रयोगेण सिध्यति यत् जलस्य घनत्वं ४°श (४°c) इत्यंशे सर्वाधिकं भवति। यदि चेत् ४°श (४°c) इत्यतोऽधिकं शीतलीक्रियते तर्हि जलस्य उपरिभागीयः तापः ०° श (०°c) इत्यंशको भवति जलं च हिमरूपे घनीभवति। किन्तु तस्य अधोभागस्य तापो ४°श (४°c) इत्यंशादूनोभवितुं न शक्नोति। शीतकाले शीताधिक्यात् शीतप्रधानदेशेषु सरोवराणां उपरितलं हिमाच्छादितं भवति सागरे च अनेकफिटस्थूलो हिमः घनीभवति। किन्तु हिमस्य अधोभागे जलं ४°श (४°c) इत्यंशे द्रवावस्थायां तिष्ठति। यदि चेत् ४°श (४°c) इत्यतोऽग्रेऽपि तापस्याल्पत्वात् जलं गुरुत्वमाप्नुयात् तर्हि पूर्णः सरोवरः समुद्रो वा ऊर्ध्वतोऽधःपर्यन्तं शीनोऽभविष्यत् जलाभ्यन्तरचारिणश्च सर्वे जन्तवः पञ्चत्वमगमिष्यन्। किन्तु, वस्तुतः यदा जलोपरिभागे हिमस्य स्थूलमाच्छादनं वर्तते तदापि अधोवर्ती तापो कदाचिद् ४°श (४°c) इत्यंशाद् अधो न गच्छति जलजन्तवश्च जीवन्त एव तिष्ठन्ति। इत्थं जलस्य एतस्मादसामान्यगुणेन जलजन्तवः शीतर्तौ जीवनधारणार्थं साहाय्यं प्राप्नुवन्ति।

६. पारदीयतापमापकस्य निर्माणम् :

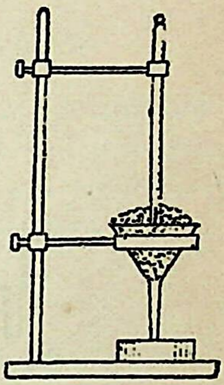


तापमापकस्य निर्माणार्थं स्थूलीभत्तिकीया केशनलिका (Capillary Tube) गृह्यते यस्या एकस्मिन् शीर्षे घुण्टिकैका अपरस्मिन् च एकः चषको निर्मितो भवेत् (चित्रम् ७-१३)। चषके स्वल्पः पारदः निधीयते। किन्तु नलिकायां वायुः पूरितो भवति। कारणादस्मात् तलस्थानाच्च पारदः नलिकाभ्यन्तरे न गच्छति। अतएव घुण्टिकां वह्निशिखातः दूरे संस्थाप्य किञ्चित्तप्यते। तदा उष्णीभूतत्वात् वायुरायतने वृद्धिं प्राप्नोति पारदोपरि च बुद्बुदमुत्पाद्य निस्सरति। भूयश्च घुण्टिका वह्निशिखात् अपसार्यते। तदा वायुः शीतलीभूतत्वात् सङ्कुचति वायुमण्डलवायोः सम्पीडनेन पारदः नलिकायां प्रविशति। इत्थं भूयोभूय उत्तापनात् शीतलीकरणाच्च नलिका पारदेन पूर्यते। तदनु यावन्मात्रस्याधिकस्य तापस्य मापनार्थं तापमापकस्य निर्माणमभीष्टम् स्यात् ततोऽपि प्रायशः २०° इत्यस्मादधिके तापे तापमापकस्य घुण्टिका स्थाप्यते येन पारदस्य समुचितं परिमाणं नलिकायां तिष्ठति। यावन्मात्रश्च पारदोऽधिको भवति स उपरिवर्तिनि चषके समागच्छति। अस्यामेव दशायाम् उष्णीकृत्य चषकोऽपसार्यते नलिकामुखञ्च संवृयते। यदि चेत् नलिकायां वायुप्रवेशो भवेत् तर्हि तापमापको व्यर्थोऽभविष्यत्। इत्थं यदा नलिकायां पारदस्य उचितं परिमाणं पूरितं भवति तदा तत्र द्वौ स्थिरौ बिन्दू क्रियेते। अधोवर्ती स्थिरबिन्दुः

७.१३ चित्रम् हिमतापे उपरिबिन्दुश्च वाष्पतापे अङ्क्यते।

७. तापमापकेऽधोबिन्दोर् (Lower fixed Point) अङ्कनम् :—

पारदपूरणानन्तरं प्रायशः एकसप्ताहोपरान्ते तापमापकस्य नलिकायां चिह्नाङ्कनं कर्त्तव्यं यतः एतावत्काले घुण्टिका सङ्कुचिता भूत्वा स्वकीयां स्थायिदशां प्राप्नोति। हिमं सञ्चूर्य एकस्यां कुप्पिकायां पूर्यते तस्याभ्यन्तरे च तापमापकस्य घुण्टिका निवेश्यते हिमस्य तापमापकघुण्टिकायाश्च मध्ये समीचीनसंस्पर्शस्थापनार्थं कीञ्चित्स्रवितं जलं घुण्टिकासकाशे निधीयते। यदा घुण्टिका हिमे प्रायः अर्धघटिकापर्यन्तं सन्निविष्टा भवति तदा पारदतलं स्थिरायते। पारदतलस्य सम्मुखे तापमापके चिह्नमेकम् अङ्क्यते। इदमेव तापमापकस्य अधोविन्दुरित्यभिधीयते। सेण्टीग्रेडीये रियूमरीये Reaumur) च तापमापके चिह्नमिदं शून्यम् इति फारेनहाइटे (Fahrenheit) च तापमापके ३२° इत्यंशकं चिह्नमभिधीयते।



चित्रम् ७.१४

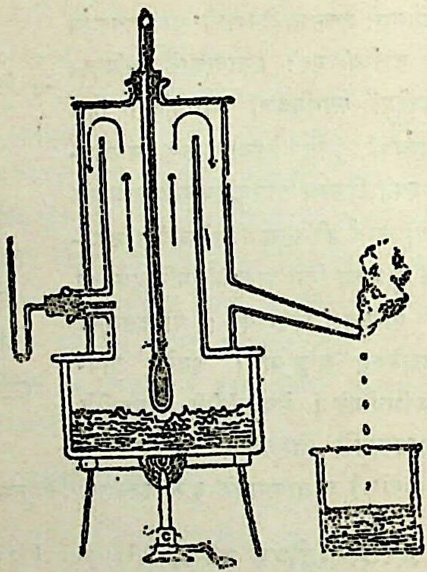
८—तापमापके ऊर्ध्वबिन्दोरङ्कनम् (Upper Fixed Point)

कस्यचिदपि तापमापकस्य उर्ध्वविन्दुः स तापो भवति यत्र प्रामाणिके वायुसम्पीडने जलक्वथनं प्रारभते। यतः प्रयोगकाले वायुसम्पीडनं प्रामाणिकसम्पीडनात् भिन्नं भवति अतएव गणनाद्वारा तस्य संशोधनं क्रियते।

दृष्टमिदं यत् जलक्वथनस्य तापः यत्किञ्चित्परिमाणं यावत् यस्मिन् पात्रे जलं क्वाथ्यते तदुपरि तथा च जले विलीनापद्रव्याणां (Impurities) उपरि निर्भरायते। परन्तु, अशुद्धेन क्वथमानेन जलेन यद्वाष्पो निर्मीयते तस्य तापः शुद्धेन क्वथमानजलेन निर्मितवाष्पस्य तापेन तुल्यो भवति। अतएव तापमापकस्य घुण्टिका क्वथमानजलाद् बहिः वाष्पे स्थाप्यते। जलं क्वथयितुं 'हिप्सोमीटरनामकं (Hypsometer) विशिष्टपात्रं प्रयुज्यते (चित्र ७.१५) तापमापकस्य प्रायः पूर्णं दैर्घ्यं वाष्पाभ्यन्तरे स्थाप्यते। केवलं एतावानेव अंशो बहिः तिष्ठति येन पारदतलं कार्कोपरि द्रष्टुं शक्यते। प्रायोऽर्धघटिकापर्यन्तं वाष्पाभ्यन्तरे अवस्थानानन्तरं यदा पारदतलं स्थिरायते तर्हि तत्र चिह्नमेकं क्रियते। सम्पीडनसंशोधनानन्तरं (Pressure correction) ऊर्ध्वविन्दोः स्थितिः याथार्थ्येन ज्ञायते।

सेण्टीग्रेडतापमापके बिन्दुद्वयस्य मध्यवर्त्यन्तरालं १०० तुल्यभागेषु, रियुमरे ८० तुल्यभागेषु फारेनहाइटे च १८० तुल्यभागेषु विभज्यते। इत्थं तापमापकस्य निर्मितिः सम्पद्यते।

स्थिरविन्दोरङ्कनस्य उपर्युक्तविधौ तथ्यमिदं स्वीकृतप्रायं यत् केशनलिकायाः व्यासः



७.१५ चित्रम्

सम्पूर्णे दैर्घ्ये समरूपोऽस्ति । नोचेत् तापमापकस्य चिह्नानि तुल्यान्तराले न स्युः तेन च तापमापने त्रुटिर्भविष्यति ।

९---तापस्य विभिन्नमापकाः----

तापमापनार्थं त्रिविधाः मापकाः सन्ति । ते (१) सेन्टीग्रेडमापकः (२) फारेनहाइट-मापकः (३) रियूमरमापक इति नाम्नाभिधीयन्ते ।

सेन्टीग्रेडतापमापकः प्रायः १७४२ ख्रीष्टाब्दे स्वीडनदेशीयेन एकेन ज्यौतिर्विदा आविष्कृतः । अस्मिन् हिमतापः शून्य इति वाष्पतापश्च १००° इति मन्येते । वैज्ञानिक-कार्ये अयमेव तापकापकः प्राचुर्येण प्रयुज्यते ।

फारेनहाइटतापमापकः प्रायः १७०९ ख्रीष्टाब्दे जर्मनीदेशीयेन फारेनहाइटनामकेनैकेन वैज्ञानिकेन आविष्कृतोऽभूत् । हिमे लवणस्य मिश्रणाद् उपलब्धः न्यूनतमः तापः फारेन-हाइटेन स्वमापके शून्यमिति निर्धारितं वाष्पतापश्च २१२° इत्यंशको निर्धारितः । मापके-ऽस्मिन् हिमतापः ३२° इत्यंशकोऽभवत् । इत्थं हिमस्य वाष्पस्य च तापे १८०° इत्यंशकमन्तरम् कृतम् । तापमापकोऽयं प्राचुर्येण इंग्लैण्डदेशे अमेरिकादेशे च ऋतुविज्ञाने (Meteorology) मानवीयशरीरस्य च तापदर्शने प्रयुज्यते ।

रियूमरीयमापकः रियूमरनामकेन फ्रान्सदेशीयवैज्ञानिकेन आविष्कृतः। अत्र हिमतापः शून्यांशकः वाष्पतापश्च ८०° इत्यंशको भवति। तापमानकोऽयं रूसदेशे यूरोपमहाद्वीपस्य कतिपयान्येषु भागेषु च प्रयुज्यते।

१०. मापकत्रयस्य तुलना तेषां पारस्परिकं परिवर्तनञ्च

तापमापकस्य स्थिरविन्दुद्वयस्य मध्यवर्त्यन्तरालं मूलान्तरम् इत्यभिधीयते। मूलान्तरमिदं सेन्टीग्रेडतापमापकाय १००, फारेनहाइटमापकाय १८० रियूमरमापकाय च ८० इति भवति। अतएव समानान्तरम् क्रमशः १००, १८० तथा ८० भागेषु विभक्तम्। अनेन सहैव फारेनहाइटमापके हिमतापः ३२° इत्यंशकोऽस्ति। अतएव

$$\frac{\text{श}}{१००} = \frac{\text{फ}-३२}{१८०} = \frac{\text{र}}{८०}$$



यत्र 'श' इति सेन्टीग्रेडस्य, 'फ' इति फारेनहाइटस्य 'र' इति च रियूमरस्य तापो निर्दिशति।

$$\text{अथवा } \frac{\text{श}}{५} = \frac{\text{फ}-३२}{९} = \frac{\text{र}}{४}$$

अथवा $\text{फ}^\circ = \frac{९}{५}\text{शं} + ३२$

तथाच $\text{श}^\circ = (\text{फ}-३२)\frac{५}{९}$

अतएव श° इत्यस्य फ° इत्यस्मिन् परिवर्तनार्थं $\frac{९}{५}$ इत्यनेन गुणनं कृत्वा ३२ इति युज्यते तथा च फ° इत्यस्य श° इत्यस्मिन् परिवर्तनार्थं ३२° इति ऊनीकृत्य $\frac{५}{९}$ इत्यनेन गुण्यते।

चित्र : ७.१६

उदाहरणम् (१)—१०°, २०°, १२०° तथा २५०° इत्यंशकः श° इति फ° इत्येतस्मिन् परिवर्तनीयः।

$\because \text{फ}^\circ = \frac{९}{५}\text{श}^\circ + ३२$

$= \frac{९}{५}(-१०)\ ३२$

$= -१८ + ३२$ (ऋणचिह्नस्य ध्यानमावश्यकम्)

$= १४^\circ$

अतः श° इत्यस्यस्थाने १०° इत्यस्यस्थापनाने $\text{फ}^\circ = \frac{९}{५} \times १० + ३२ = १८ + ३२ = ५०^\circ$।

,, ,, ,, ,, २०° ,, ,, $\text{फ}^\circ = \frac{९}{५} \times २० + ३२ = ३६ + ३२ = ६८^\circ$।

,, ,, ,, ,, १२०° ,, ,, ,, $= \frac{९}{५} \times १२० + ३२ = २१८ +$

३२ = २४८° ।

,, ,, ,, ,, २५०° ,, ,, ,, $= \frac{९}{५} \times$ २५० + ३२ = ४५० + ३२ = ४८२° ।

उदाहरणम (२)—४०°, १४°, ८६°, १९४° तथा २६६° इत्यंशकः फ° इति श° इत्यस्मिन् परिवर्तनीयः ।

∵ श° = (फ° − ३२) $\frac{५}{९}$ (सूत्रेऽस्मिन् फ इत्यस्य विभिन्नमानानां स्थापनात्)

(अ) ∴ श° = (− ४० − ३२) $\frac{५}{९}$ = − ४०° (ऋणचिह्नमवश्यं स्थाप्यम्)

(ब) श° = (१४ − ३२) $\frac{५}{९}$ = − १०°

(स) ,, = (८६−३२) $\frac{५}{९}$ = ३०

(द) ,, = (१९४−३२) $\frac{५}{९}$ = ९०°

(य) ,, = (२६६−३२) $\frac{५}{९}$ = १३०°

उदाहरणम् (३)—कस्मिन् तापे सेन्टीग्रेड फारेनहाइट चोभयोस्तापमापकयोः एकएव तापो भविष्यति ?

कल्पनीयं यत् तापोऽयं य° श इत्यस्ति ।

तर्हि सूत्रानुसारेण $\frac{य}{५} = \frac{य-३२}{९}$

अथवा ९ य = ५य−१६०

अथवा ९ य − ५य = १६०° अथवा य = ४०°

उदाहरणम् (४)—कस्मिन् तापे फारेनहाइटस्य ताप : सेन्टीग्रेडस्य तापात् पञ्च-गुणिताधिको भविष्यति ?

कल्प्यं यत् स तापो य° श इत्यस्ति ।

तर्हि फ° = $\frac{९}{५}$ य + ३२ (किन्तु इदं ५ य इत्यनेन तुल्यम्)

∴ ५य = $\frac{९}{५}$य + ३२ अथवा ५ य − $\frac{९}{५}$ य = ३२

अथवा $\frac{१६}{५}$ य = ३२ अथवा य = ३२ × $\frac{५}{१६}$ = १०° श इति

११. तापमापके पारदप्रयोगस्य लाभ :

(१) पारद ऊष्मणः सुचालकोऽस्ति, अतएव शीघ्रं ऊष्माणमादाय तत्तापो प्राप्नोति यो माप्यते ।

(२) अस्य तापं वर्द्धयितुम् अत्यल्पस्य ऊष्मण आवश्यकता भवति । (अस्य विशिष्टोष्मा अत्यल्पोऽस्ति) अतएव यस्य वस्तुनः तापो माप्यः भवति तद्वस्तुनो स्पर्शाद् वस्तुतापे किमपि विशिष्टं परिवर्तनं न जायते ।

(३) अयं—३९° श इत्यस्मात् ३५०° श इति पर्यन्तम् प्रयोज्यं भवति ।

(४) अयम् आयतने प्रायः समारूपेण वर्धते ।

(५) अस्य वाष्पसम्पीडनम् (Vapour Pressure) अत्यल्पं भवति ।

अतएव पारदोपरि रिक्तस्थान अत्यल्पः पारदवाष्पः तिष्ठति ।

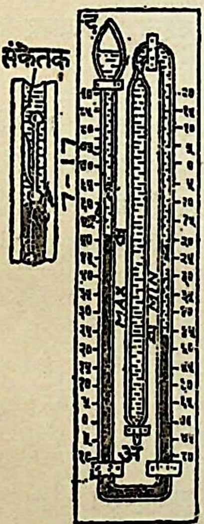
(६) अयं सारल्येन शुद्धावस्थायाम् उपलब्धुं शक्यते ।

(७) अयं शीशकाभ्यन्तरे अत्यधिकं प्रकाशते नलिकाभित्त्याश्च संश्लिष्टो न भवति ।

१२· महत्तमः न्यूनतमश्च तापमापकः

[Maximum and Minimum Thermometer]

न्यूनतमतापमापकचित्रे महत्वपट्कं (Six) प्रदर्शितम् । 'अ' इति दीर्घकाण्डिकायां अल्कोहलोऽथवा तादृश एव कश्चिदन्यः द्रवः पूर्यते यः 'ब' इति पारदतलपर्यन्तं पूरितः स्यात् । 'ब स' इति भागे पारदस्तिष्ठति । 'स' इति पारदतले भूयः अल्कोहलः पूर्यते यो 'द' इति कण्डिकाम् अर्धभागपर्यन्तं पूरयति । एतत्कण्डिकाया अर्धभागः द्रवस्य वर्धनार्थं त्यज्यते । पारदतलोपरि भुजद्वये द्वौ शुद्धायसः सङ्केतकौ प्रावद्धौ भवतः यत्र लौहतन्त्रिका आबद्धा भवति । येन तौ अधः सृत्वा पतितुं न शक्नुतः । यदा तापो वर्द्धते तर्हि 'अ' कण्डिकायां पूरितोऽल्कोहलः आयतने वर्द्धते पारदस्तम्भश्च तेन आहन्यते । पारदतलेन च 'स' इति सङ्केतक आहन्यते किन्तु यदा तापोऽल्पो भवति तर्हि कण्डिकास्थितोऽल्कोहलः सङ्कुचति 'स' इति पारदतलश्च अधः प्रति सरति । परन्तु तन्त्रिकायाः कारणेन सङ्केतकः स्वस्थानात् न प्रत्यावर्तते ।



चित्रम् ७।१७

इत्थं मापिकायां 'स' इति सङ्केतकस्य अधश्शिरसः स्थित्याः पठनेन महत्तमस्तापः परिज्ञायते ।

यदा अल्कोहलः सङ्कुचति तर्हि 'ब' इति पारदतलेन स्वोर्ध्ववर्ती सङ्केतक आहन्यते यः तन्त्रिकयैकया स्वस्थाने अवतिष्ठति । भूयश्च यदा तापो वर्द्धते तर्हि अल्कोहलः सङ्केतकत इतस्ततोऽग्रे निस्सरति किन्तु तस्य स्थित्यां किमपि परिवर्तनं न करोति । इत्थं 'ब' इति सङ्केतकस्य अधोवर्तिनः शिरसः स्थित्याः पठनेन न्यूनतमो मापः परिज्ञायते ।

तापपठनानन्तरं सङ्केतकावुभौ चुम्बकसाहाय्येन शनैश्शनैः संसृत्य तापमापकश्च भूयः तापमापनार्थं प्रस्तुतो भवति । कार्यञ्चेदं तापमापकस्य समञ्जनम् (Setting of the Thermometer) इत्यभिधीयते ।

१३. चिकित्सकस्य ज्वरमापकः (Clinical Thermcmeter)

चिकित्सको यदा रोगिणः तापं पश्यति तर्हि स तापमापकं रोगिणः मुखे पार्श्वे वा स्थापयति । भूयः मिनटद्वयानन्तरं ततो बहिः निस्सार्य तापं पठति । किन्तु, यदा चिकित्सकः तापं पठति तदा तापमापकस्य घुण्टिका अल्पतापे तिष्ठति । अतो यदि तापमापके विशिष्टः प्रबन्धो न भवेत् तर्हि पारदतलम् अधोगमिष्यति । यदा तापमापकः रोगिण अङ्गे सन्निविष्टो भवति तदा तस्य पठनं सौविध्ययुक्तं न भवति कदाचिच्च अतिदुष्करं भवति । दौष्कर्यस्यास्य निराकरणार्थं तापमापके घुण्टिकोपरि सङ्किरणमेकं निर्मीयते यत्र पारदस्तम्भः किञ्चिद्वक्रः क्षीणश्च भवति यथा चित्रे प्रदर्शितम् । सङ्किरणस्यास्य कारणेन रुग्णस्य पार्श्वात् तापमापकनिस्सारणानन्तरं पारदस्तम्भः स्वयमेव अधो न गच्छति । अपितु, तापावलोकनानन्तरं चिकित्सकः संहृत्य पारदतलम् अधः करोति । तदनु तापमापको भूयः तापमापनयोग्यो भवति ।

तापमापकेनानेन फारेनहाइटांशेषु ·२ इत्यंशपर्यन्तं याथार्थ्येण तापो ज्ञाप्यते । अस्मिन् ९५° फ० इत्यतः ११०° फ० इति पर्यन्तं तापस्य पठनचिह्नानि वर्तन्ते । सामान्यतः स्वस्थानां मानवानां तापः ९६·६° फ० तथाच ९८.४° फ० इत्येतयोर्मध्ये वर्तते । कदाचिच्च ९६ इत्यतोऽधः तथा १०७° इत्यत ऊर्ध्वं न गच्छति । अतएव मानवशरीस्य तापमापनार्थं तापमापकोऽयं विशेषोपयोगीति ।

प्रश्नाः

१. ऊष्मातापयोः को भेदः ? उदाहरणेन निर्देश्यम् ।

२. वस्तुषु ऊष्मणः कः प्रभावो भवति ? प्रत्येकः प्रभाव उदाहरणेन स्पष्टीकरणीय इति ।

३. पारदीयः तापमापकः कथं निर्मीयते ? तत्र कानि अशुद्धिकारणानि सम्भाव्यन्ते ।

४. तापं मापितुं के मापकाः ? तेषांमन्योन्यसम्बन्धः कीदृशः ?

५. यदि फारेनहाइटस्य तापः सेन्टीग्रेडस्य तापात् पञ्चगुणितोऽस्ति तर्हि निर्देश्यं यत् सेण्टीग्रेडे स कः तापो भवति ? (उ० १०°श)

६. तापमापके किमर्थं पारदप्रयोगः क्रियते ?

७. चित्रं निर्माय महत्तमन्यूनतमयोस् तापमापकयोः क्रिया निर्देश्या । तापमापकसमज्ञनस्य कोऽर्थः ?

८. चिकित्सकस्य तापमापके किं वैशिष्ट्यं भवति ? यदि चेद् स सामान्यतापमापकवद् भवेद् तर्हि किं वैषम्यं सम्भाव्येत ?

९. कस्यचिद् तापमापकस्य स्थिरविन्दोः परीक्षणं कथं क्रियते ? कस्मिंश्चिद् तापमापके हिमतापः २०° इत्यंशकः जलक्वथनतापश्च १५०° इत्यंशकोऽस्ति तर्हि ४५° श० इत्यस्मिन् तस्य कः तापो भविष्यति ? (उ० ७८.५)

१०. पारदीयः तापमापकः कथं निर्मीयते ? तस्य मापनिकायाः चिह्नानि अन्यतापमापकस्य चिह्नैः कथं मेलनीयानि भवन्ति । सर्वाविधानं संशोधनञ्च वर्णनीये ।

११. दोषयुक्त एकः तापमापकः यदा हिमे स्थाप्यते तर्हि १० इत्यंशकं तापं, वाष्पे स्थापनात् सामान्यसम्पीडने च ९६° इत्यंशकं तापं निर्दिशति तर्हि यदा तापमापकोऽयं ३९° इत्यंशकं तापं सूचयति तर्हि यथार्थस्तापः को भविष्यति ? तापमापकस्य नलिकाव्यासः मापनिकाचिह्नानि च सम्पूर्णदैर्घ्ये सर्वथा एकसदृशानि सन्ति ।

१२. तापमापकयोरुभयोः कः तवाभीष्टो भविष्यति ? एकस्य कण्डिका दीर्घा अन्यस्य च सुपिरं सूक्ष्मं । प्रत्येकस्य प्रयोगेण का हानिः लाभश्च भविष्यतः ।

१३. दैनिककार्ये ऊष्मा द्वारा द्रव्यप्रसारस्य ध्यानं कुत्र क्रियते ?

अध्यायः ८

ऊष्मामितिः (Measunemour of Heat)

१—ऊष्मापरिमाणस्य मात्रकम्, कॅलारी

यथा दैर्घ्यं, आयतनं तथा संहतिप्रभृतीन् मापितुं प्रथमं तेषां मात्रकस्य निश्चयनम् आवश्यकं भवति तथैव ऊष्मापरिमाणस्य मापनार्थं प्रथमं ऊष्मापरिमाणस्य मात्रकस्य निश्चयनम् आवश्यकम् अस्ति ।

आँग्लरीत्यनुसारेण १ पौण्डजलस्य तापं १° फ० पर्यन्तं वर्द्धयितुं यावदूष्मापरिमाणं आवश्यकं भवति तदूष्मापरिमाणम् आँग्लमात्रकम् (The British Thermal unit) इत्यभिधीयते । मात्रकमिदं विज्ञाने न प्रयुज्यते केवलं यान्त्रिककार्यें प्रयुज्यते ।

मीटररीत्यनुसारेण १ ग्रामपरिमितस्य जलस्य तापं १°C पर्यन्तं वर्द्धयितुं यावदूष्मापरिमितिर् अपेक्ष्यते तदूष्मापरिमाणस्य मात्रकमित्यभिधीयते । विज्ञाने इदमेव मात्रकं प्रयुज्यते ।

प्रयोगेण दृष्टं यत् १ ग्रामपरिमितस्य जलस्य तापं १° एकांशसेण्टीग्रेडपर्यन्तं वर्द्धयितुं यावदूष्मण आवश्यकता भवति स प्रत्येकस्मिन् तापे एकसदृशो न भवति । अतएव सम्पूर्णविश्वस्य वैज्ञानिकानां सहमत्या एकग्रामपरिमितस्य जलस्य तापं १४·५° श (C) इत्यतो १५·५° श (C) इति पर्यन्तं वर्द्धयितुं यावदूष्मणः परिमाणमपेक्ष्यते तत् कैलारीत्यभिधीयते किन्तु, साधारणतः कैलार्याः भिन्नत्वमिदम् उपेक्ष्यते प्रत्येकस्मिन् च तापे तत् स्थिरमित्यङ्गीक्रियते ।

२—बिशिष्टोष्मा (Specific Heat)

यद्यस्माभिः विभिन्नवस्तूनां समानसंहतयः समानतापपर्यन्तं उत्ताप्यन्ते भूयश्च ताः एकतापपर्यन्तं शीतलीक्रियन्ते तर्हि तेभ्यो वस्तुभ्यः विभिन्नोष्मापरिमाणं निस्सरिष्यति । तथ्यमिदं प्रमाणीकर्तुं समानस्थौल्ययुक्तां पैराफिनद्रावकमयी वृत्ताकारापट्टिका आदाय सा एकस्मिन्न आधारे स्थाप्यते । तदनु, लोहपित्तलताम्रजस्तशीशकमय्यः शङ्कुयुक्ताः गुटिकाः समानतापपर्यन्तं तापनानन्तरं कोलिकयोत्थाप्य (चित्रम् ८·१) पैराफिनद्रावकमय्यां पट्टिकायां निधातव्याः । द्रष्टव्यञ्च यत् सर्वाः गुटिकाः द्रावकपट्टिकातः सहैव पतन्ति न वा । सर्वाः गुटिकाः स्वकायोच्चतापात् द्रावकस्य द्रवणाङ्कपर्यन्तं शीतलीभूताः । किन्तु, लौहगुटिका सर्वप्रथमं द्रावकपट्टिकायाः पारं

गमिष्यति। तदनन्तरं ताम्रस्य, पित्तलस्य, जस्तस्य च गुटिकाः पारं गमिष्यन्ति। यदि चेत् द्रावकस्य पट्टिका प्रचुरस्थूला भवेत् तर्हि शीशकगुटिका संभवतः कदापि तस्याः पारं गन्तुं न शक्नोति। प्रयोगेणानेन सिद्धं यत् लौहगुटिकया सर्वाधिकम् ऊष्मणः परिमाणं प्रदत्तम्। तदनन्तरम् इतरगुटिकाभिः प्रदत्तं ऊष्मणः परिमाणम् क्रमशः अल्पं भवति। शीशकगुटिकया च सर्वापेक्षया न्यूनतमं ऊष्मणः परिमाणं प्रदत्तम्।

सौकर्यार्थं विभिन्नवस्तूनां समानसंहतिद्वारा समानतापवृद्धयर्थं यावदूष्मापरिमाणम् अपेक्ष्यते तस्य तुलना समानसंहतिकोदकद्वारा समानतापवृद्धयर्थम् अपेक्षितोष्मणः परिमाणेन क्रियते। ऊष्मणोर्द्वयोर् निष्पत्तिः विशिष्टोष्मा इत्यभिधीयते। अतएव कस्यचिद्वस्तुनः विशिष्टोष्मा :—

$$= \frac{\text{कस्यचित्तापस्य वृद्धयर्थं कस्यचिद्वस्तुनः संहत्या आवश्यकोष्मा}}{\text{तस्यैव तापस्य वृद्धयर्थं जलस्य तत्संहत्या एव आवश्यकोष्मा}}$$

यदि अस्माभिः केवलं एकग्रामसंहतिरेव गृह्यते तापवृद्धिश्चापि एकांशपरिमितैव अपेक्ष्यते तर्हि विशिष्टोष्मा :—

$$= \frac{\text{कस्यचिद् वस्तुनः १ ग्रामसंहत्याः तापस्य } 1^\circ \text{ अंशं यावत् वृद्धयर्थम् आवश्यकोष्मा}}{\text{१ ग्रामपरिमितजलसंहत्या } 1^\circ \text{ अंशपरिमित तापवृद्धयर्थ म् आवश्यकोष्मा।}}$$

परन्तु, जलस्य एकग्रामसंहत्याः तापं एकांशपर्यन्तं वर्धयितुं यावदूष्मापरिमाणमपेक्ष्यते तत्तु कैलोरीति नाम्नाभिधीयते।

अतएव कस्यचिद्वस्तुनः विशिष्टोष्मा

$$= \frac{\text{कस्यचिद्वस्तुनः १ ग्रामसंहत्याः तापं १ अंशपर्यन्तं वर्धयितुं अपेक्षितोष्माः}}{\text{एककैलारी}}$$

एककैलारीत्यनेन विभजनात् संख्यत्यां किमपि परिवर्तनं न भविष्यति। केवलं मात्रकाणि छिद्यन्ते। अतएव अस्माभिरित्थमपि वक्तुं शक्यते यत् कस्यचिद्वस्तुनः विशिष्टोष्मा ऊष्मणः तत्परिमाणं भवति यद् वस्तुनः एकग्रामसंहत्याः तापं एकांश-सेण्टीग्रेडपर्यन्तं वर्धयितुं अपेक्ष्यते। किन्तु, एतद् एका शुद्धसंख्या भवति तस्मिंश्च कानिचिन्मात्रकाणि न भवन्ति। सामान्यतः तद् 'स' इत्यक्षरेण प्रदर्शितं भवति। यदि कस्यचिद् पदार्थस्य विशिष्टोष्मा 'स' इति भवेत् तर्हि तस्य 'म' इति ग्रामसंहत्याः तापं त° श (C) इतिपर्यन्तं वर्द्धयितुं म × स × त इति कैलारीपरिमितोष्मण आवश्यकता भविष्यति।

३—ऊष्माधारिता (Capacity of Heat)

यदि कस्यचिद्वस्तुनः पूर्णसंहत्याः तापो १° श (C) पर्यन्तं वर्ध्यते तर्हि तस्मै यावदूष्मापरिमाणं दातव्यं भवति तदेव तस्य वस्तुन ऊष्माधारिता इत्यभिधीयते।

यदि चेद् वस्तुनः संहतिः 'म' इति ग्रामपरिमिता विशिष्टोष्मा च 'स' इति भवेताम् तर्हि तस्योष्माधारिता ध = म × स ।

४—ऊष्मामापकः तस्य च जलतुल्याङ्कः

ऊष्मणः परिमाणस्य मापनप्रयोगं कर्त्तुं ताम्रमयं वलयाकारं पात्रं प्रयुज्यते । पात्रञ्चेदं ऊष्मामापक इत्यभिधीयते । यतः ताम्रं ऊष्मणः सुचालकम् अस्ति । अतएव तच्छीघ्रमेव स्वाभ्यन्तरे निहितस्य वस्तुनः तापं प्राप्नोति । तस्य धरातले बाह्याभ्यन्तरे प्रोज्ज्वलोपलेपो वर्तते यतः विकिरणद्वारा ऊष्माहानिः स्वल्पा भवेत् । ऊष्मामापकानाम् आभ्यन्तरे पूरितं द्रवम् आन्दोलयितुं वक्रीकृतलौहतन्तुः प्रयुज्यते । वक्रीकृततन्तुश्चायं विलोडकः (Stirrer) इत्यभिधीयते ।

जलस्य तत्परिमाणम् ऊष्मामापकस्य जलतुल्याङ्कोऽभिधीयते येन १° श (C) इत्येतावन्मात्रं तापम् ऊनीकर्त्तुं वर्द्धयितुं वा ऊष्मणः तावन्मात्रस्यैव परिमाणस्य आदानप्रदानं क्रियते यावन्मात्रस्य ऊष्मणः परिमाणस्य आदानप्रदानं ऊष्मामापकेन विलोडकेन च १° श (C) इत्येतावन्मात्रं तापं ऊनीकर्त्तुं वर्द्धयितुं वा क्रियते ।

यदि चेद् १° श (C) इत्येतावत्परिमितं तापं वर्द्धयितुं ऊष्मामापको विलोडकश्च २० कैलारीपरिमितम् ऊष्माणं अपेक्षते तर्हि १° श (C) तापं वर्द्धयितुं २० ग्रामपरिमितं जलं तावन्मात्रमेवोष्माणम् अपेक्षते ।

यदि चेद् ऊष्मामापकस्य विलोडकस्य च संहतिः 'म' इतिग्रामपरिमिता तस्याः विशिष्टोष्मा च 'स' इति भवेताम् तर्हि—

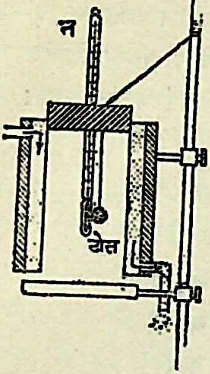
जलतुल्याङ्क = ज — म × स ग्रामः

किन्तु म × स इति तापमापकस्य विलोडकस्य च ऊष्माधारिताप्यस्ति । अतएव अस्माभिः अभिधातुं शक्यते यत् उष्मामापकस्य जलतुल्याङ्कः जलस्य सा संहतिः भवति यस्याः ऊष्माधारिता ऊष्मामापकस्य ऊष्माधारितया तुल्या स्यात् ।

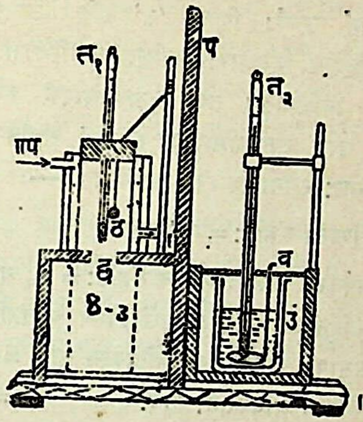
५—कस्यचिद् घनपदार्थस्य विशिष्टोष्मण उपलब्धिः

कस्यचिद् घनपदार्थस्य विशिष्टोष्माणम् उपलब्धुं प्रायशः मिश्रणस्य रीतिः प्रयुज्यते । यस्य घनस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्यो भवति स कञ्चिद् ज्ञाततापं यावद् उत्ताप्य शीतले जले निक्षिप्यते ।

घनोत्तापनार्थं यदि प्रथमं स घनः जले निक्षिप्यते भूयश्चोत्ताप्यते तर्हि यत्किञ्चिद् जलं घनेन सह शीतले जलेऽवश्यमेव गमिष्यति । अतएव ताम्रस्य एकस्मिन् वलयाकारे पात्रे घनपदार्थोऽवलम्ब्यते तस्याभितश्च द्व्यावृत्तिके कुड्ये जलवाष्पोऽभिसार्यते । घनस्य तापं मापितुं घनसकाशे एकः तापमापकोऽपि संयुज्यते । सम्पूर्णश्चायं प्रबन्धः ८.३ इति चित्रे प्रदर्शितः । चालनेन विकिरणेन च घटिताम् ऊष्मणः क्षतिम् ऊनीकर्त्तुं "ऊ" इति



चित्र संख्या २



चित्र संख्या ३

ऊष्मामापक एकस्यां काष्ठमञ्जूषायां निधीयते तस्याभितश्च ऊर्णा, तूलः कश्चिदन्यो वा कुचालकः संयुज्यते । 'ठ' इति घन उत्ताप्य यदा ऊष्मामापके निधातुं नीयते तर्हि तस्य तापो निपतति । वैषम्यस्यास्य निराकरणार्थं एतादृशं उपकरणं निर्मितम् येन ऊष्मामापकः संसार्य याथार्थ्येण वलयाकारपात्रस्य अधः नेतुं शक्यते घनश्च तस्मिन् निक्षेप्यो भवति । उपकरणञ्चेदं रैनोमहादयेन (Ragnault) आविष्कृतम् । अतएव तस्यैव नाम्ना उपकरणमिदं रैनोपकरणमिति (Ragnault's Apparatus) अभिधीयते । ८·३ इति चित्रे उपकरणमिदं प्रदर्शितम् । अस्मिन् उत्तापकं वलयाकारकं पात्रं वामपार्श्वे 'उ' इति ऊष्मामापकश्च दक्षिणपार्श्वे प्रदर्शितः । उभयोर्मध्ये 'प' इत्येका काष्ठमयी तिरस्करणी वर्तते यया उत्तप्तवलयाकारकात् पात्रात् शीतलोष्मामापकं प्रति ऊष्मणः गतिरवरुध्यते ।

क्रिया—

सर्वप्रथमम् एकस्मिन् फ्लास्के उत्तापनार्थं जलं निधीयते रबरनलिकयैकया च फ्लास्कस्यास्य सम्बन्धः वलयाकारपात्रस्य ऊर्ध्ववर्तिना छिद्रेण क्रियते । तस्याधोवर्तिनि छिद्रे रबरनलिकैका संयुज्य कस्मिंश्चिद् बीकरे निधीयते येन वलयाकारपात्रस्य अभितः घूर्णनं कृत्वा रबरनलिकाद्वारा जलवाष्पः बहिः निस्सरेत् । 'ठ' इति घनपदार्थः तोलनानन्तरं सूत्रेणैकेन आबद्धय वलयाकारपात्रस्य ऊर्ध्ववर्तिनि मुखे संयुक्तात् कार्कात् अवलम्ब्यते '$त_1$' इति तापमापकश्च तस्य तापम् अवलोकितुं संयुज्यते यथा चित्रे प्रदर्शितम् । घनो यावद् उष्णो भवति तावदेव ऊष्मामापको विलोडकश्च उष्णो भवति । तदनु ऊष्मामापकस्य ¾ इत्यंशे जलमादाय सर्वं तौल्यते । शीतलजलस्य तापोऽधिलिख्यते ।

यदा वलयाकारके पात्रे संयुक्तस्य $त_1$ इति तापमापकस्य वर्धमानो तापः स्थिरायते (प्रायशश्च १० मिनटं यावत्स्थिरदशायां तिष्ठति) तर्हि तत्तापं पठित्वा 'प' इति

काष्ठव्यवधानं उच्चैः क्रियते 'उ' इति ऊष्मामापकश्च सारित्वा वलयाकारपात्रस्य 'छ' इति छिद्रस्य बिन्दुद्वारा प्रदर्शितायां स्थित्यां आनीयते। तस्मिंश्च 'ठ' इति उष्णः घनपिण्डः निक्षिप्यते। तदनु ऊष्मामापकं स्वपूर्वस्थाने नीत्वा विलोडनं च कृत्वा सत्वरमेव तस्य तापोऽभिलक्ष्यते। इत्थं संहतित्रयस्य तापत्रयस्य च मापैः घनपिण्डस्य विशिष्टोष्मणः गणना क्रियते। कल्प्यं यत् :—

घनपिण्डस्य संहतिः = $म_1$ ग्रामः

ऊष्मापकस्य विलोडकस्य च संहतिः = $म_2$ ग्रामः

जलसहितोष्मामापकस्य विलोडकस्य च संहतिः = $म_3$ ग्रामः

ऊष्मामापके पूरितस्य शीतलोदकस्य तापः = $त_1^{\circ}$ श (c)

घनपिण्डस्य अधिकतमः तापः = $त_2^{\circ}$ श (c)

मिश्रणस्य तापः = $त_3^{\circ}$ श (c)

∴ तर्हि, घनपिण्डद्वारा प्रदत्तोष्मणः परिमाणम् = घनपिण्डस्य परिमाणं × विशिष्टोष्मा × तापस्य निपतनम् = $म_1 स \ (त_2 - त_3)$ यत्र 'स' इति घनपिण्डस्य विशिष्टोष्मा अस्ति।

शीतोदकेन गृहीतोष्मणः परिमाणम् = $(म_3 - म_2)\ (त_3 - त_1)$

ऊष्मामापकेन विलोडकेन च गृहीतोष्मणः परिमाणम् = $म_2 \times .१ \times (त_3 - त_1)$

यत्र .१ इति ताम्रस्य विशिष्टोष्मा इत्यस्ति। यतः घनपिण्डद्वारा प्रदत्तोष्मणः परिमाणम् = शीतोदकेन ऊष्मामापके विलोडकेन च गृहीतोष्मणः परिमाणम्

∴ $म_1 स \ (त_2 - त_3) = (म_3 - म_2)\ (त_3 - त_1) + म_2 \times .१\ (त_3 - त_1) = (म_3 - म_2 + .१\ म_2)\ (त_3 - त_1)$ समीकरणेऽस्मिन् 'स' इत्यस्माद् विना सर्वराशयः विदिताः सन्ति। अतएव गणनाद्वारा 'स' इति उपलभ्योऽस्ति।

स्खलनकारणम् अवधानता च।

(१) उष्णः घनपिण्डो यदा ऊष्मापके निक्षिप्यते तदा मार्गे स किञ्चिद् शीतलो भवति। कारणादस्मात् विशिष्टोष्मा स्वल्प एव गृह्यते। त्रुटिमिमां दूरीकर्त्तुं घनपिण्डो सहसैव ऊष्मामापके न निक्षिप्यते।

२—ऊष्मामापकस्य तापं द्रष्टुं यः तापमापको प्रयुज्यते स सुग्राहको भवेत्। तस्मिन् $\frac{१}{१०}$ अथवा न्यूनतोन्यूनं $\frac{१}{५}$ इति अंशपर्यन्तं चिह्नानि भवेयुः।

६—ऊष्मामापकसाहाय्येन कस्यचिदुच्चतापस्य मापनम् :—

विशिष्टोष्मण उपलब्धये उपपरिवर्णितया रीत्या कश्चिदुच्चतापः यथा अग्निशिखायाः भ्राष्ट्रस्य वा ताप उपलभ्यो भवति। एतदर्थं कश्चिद् ईदृशः घनपिण्डो गृह्यते य ऊष्मणः

सुचालको भवेत् यस्य च गलनाङ्को माप्यतापाद् अधिको भवेत् । घनपिण्डोऽयं तस्मिन्नुच्चतापे पर्याप्तकालं यावत् निधीयते यदा च घनपिण्डस्य तापः उच्चतापतुल्यो भवति तर्हि तं जलपूर्णे ऊष्मामापके निक्षिप्य जलं प्रचाल्य सत्वरमेव मिश्रणतापोऽभिलक्ष्यते । घनपिण्डस्य विशिष्टोष्मा ज्ञातो भवति, अतएव पूर्ववर्तिनि प्रयोगे प्रस्तुतसमीकरणस्य साहाय्येन अर्चिषः भ्राष्ट्रस्य वा ताप उपलब्धुं शक्यते ।

उदाहरणम्—भ्राष्ट्रस्यैकस्य तापं मापितुं १२० ग्रामपरिमित एकः प्लेटिनमीयः कन्दुकः तस्मिन् ताप्यते । यदा तस्य तापो भ्राष्ट्रतापतुल्यो जातः तर्हि स शीघ्रतया १८° श (c) इत्यंशे ऊष्मामापके पूरिते शीतलजले निक्षिप्तो येन तापो २३° श (c) इत्यंशको जातः । यदि जलसंहीतः ऊष्मापकस्य जलतुल्याङ्कश्चेत्युभौ मिश्रितौ ६०० ग्रामपरिमितौ भवेताम् प्लेटिनमस्य विशिष्टोष्मा च ·०३६५ इति भवेत् तर्हि भ्राष्ट्रताप उपलभ्यः ।

कल्प्यम् --भ्राष्ट्रस्य तापो त° श (c) इत्यंशकोऽस्ति तर्हि घनपिण्डेन प्रदत्तोष्मणः परिमाणम् = १२० × ·०३६५ × (त – २३) ।

जलेन ऊष्मापकेन च गृहीतोष्मणः परिमाणम् = ६०० (२३° – १८°)

उभे इमे परिमाणे परस्परं तुल्ये स्तः,

अतो १२० × ·०३६५ (त – २३) = ६०० × (२३° – १८°)

येन त = ७०८° श (c) प्रायशः ।

७ द्रवाणां विशिष्टोष्मण उपलब्धि :—

रीतिरियं सर्वथैव तादृशी यथा घनपिण्डस्य विशिष्टोष्मणः उपलब्ध्याः प्रयोगे आसीत् । प्रयोगेऽस्मिन् यदि द्रवो जलेन सह काञ्चिद् रासायनिकीं क्रियां न करोति तर्हि द्रवः उष्णीकृत्य ऊष्मामाकपकस्य जले निक्षिप्यते । घनपिण्डस्य विशिष्टोष्मणा सदृशं द्रवस्य विशिष्टोष्मणः गणना क्रियते । परन्तु यदि द्रवः जलेन सह रासायनिकीं क्रियां करोति तर्हि ईदृश एकः घनपिण्डो गृह्यते यस्य विशिष्टोष्मा विदितो भवेत्, यः तस्मिन् द्रवे विलेयो न भवेत् न च तेन द्रवेण सह मिलित्वा काञ्चिद् रासायनिकीं क्रियां करोति । ऊष्मामापकं विलोडकञ्च तोलयित्वा तस्मिन् जलस्थाने द्रवो पूर्यते घनपिण्डस्य विशिष्टोष्मावत् सर्वाणि प्रेक्षणानि गृह्यन्ते तद्द्वारा च गणनां कृत्वा द्रवस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्यते ।

उदाहरणम्—२०० ग्रामपरिमितं ताम्रशकलमेकं (विशिष्टोष्मा ·०९५), १००° श (c) इत्यशं यावत् तापयित्वा ८° श (c) इत्यंशे १०० ग्रामपरिमिते अलकोहले निक्षिप्यते । अलकोहलः २५ ग्रामपरिमिते ताम्रमयोष्मामापके पूरितः । तापश्च वृद्धिं प्राप्य २८·५° श (c) इत्यंशको भवति । तर्हि अलकोहलस्य विशिष्टोष्मा ज्ञातव्य इति ।

ताम्रखण्डेन प्रदत्तोष्मण परिमाणम् = २०० × ·०६५ (१०० – २८५) कैलारी

अलकोहलेन प्रदत्तोष्मण परिमाणम् = १०० × स × (२८·५–८) कैलारी

यत्र 'स' इति अलकोहलस्य विशिष्टोष्मा अस्ति ऊष्मामापकेन च गृहीतोष्मणः

परिमाणम् = २५ × ·०६५ (२८·५–८) कैलारी

यतः ताम्रखण्डेन प्रदत्तोष्मा = अलकोहलः + ऊष्मामापकद्वारा गृहीतोष्मा

∴ २० × ·०६५ (१००–२८·५) = १०० × स (२८·५–८) + २५ × ·०६५ (२८·५–८)

अथवा २०० × ·०६५ × ७१·५ = १०० × स × २०·५ + २५ × ·०६५ × २०·५

अथवा १३५.८५–४८·६६ = २०५० स

अथवा स = ·६३९

अलकोहलस्य विशिष्टोष्मा = ·६३९

८—जलस्य विशिष्टोष्माधिक्यस्य दैनिकजीवने प्रभाव :—

जलस्य विशिष्टोष्मण आधिक्यात् तत्तु मृत्तिकापेक्षया विलम्बेन उष्णं शीतलं च भवति। अस्मादेव हेतोः सागरसमीपवर्तिनः देशाः ग्रीष्मे स्वल्पोष्णाः शीतकाले च अल्पशीतलाः भवन्ति। एतद्विपरीतं सागराद्दूरवर्तिनः मरुस्थलीयजलवायुयुक्ताः देशाः शीतकाले प्रचुरशीतलाः ग्रीष्मे च अत्यधिकोष्णाः भवन्ति। अभितः सागरावेष्टितत्वात् द्वीपानां जलवायुः सम्पूर्णे वर्षे एकसदृश एव भवति। जलस्य विशिष्टोष्मण आधिक्यात् सागरीयाणां धाराणां तत्र प्रचुरप्रभावो भवति येषां तटप्रदेशानां समीपे ताः प्रवहन्ति।

कस्मैचिद् शीतलवस्तुने औष्ण्यं दातुं उष्णवस्तुने च शैत्यं दातुं जलस्योपयोगः सर्वोत्तम इति। अतएव रोगिभ्य उष्णजलैरौष्ण्यं दातुं शीतप्रधानेषु च देशेषु नलद्वारा गृहाणाम् उष्णीकरणाय जलं प्रयुज्यते। अत्यधिके शीतकाले क्षेत्राणि तुषाराद् रक्षितुं कृषकैस्तत्र जलं पूर्यते। शुष्कक्षेत्रे तुषारसंघातो भवति किन्तु, जलपूर्णाः क्षेत्राणि तुषारसंघातेन अप्रभावितानि भवन्ति। विशिष्टोष्मण आधिक्यात् थर्मामीटरे जलं प्रयोक्तुम् अशक्यं भवति तद्विपरीतं तु विशिष्टोष्मण अत्यल्पत्वेन थर्मामीटरे पारदः सम्यक्तया कार्यं करोति।

९—गुप्तोष्मा (Latent Heat)

यदि अस्माभिरेको द्रावकखण्डः बीकरे निक्षिप्य ताप्यते तापमापिना च निरन्तरं तस्य तापोऽवलोक्यते तर्हि प्रथमं तापो वर्धमानो भवति किन्तु यावदेव द्रावकस्य द्रवणं प्रारभते तापः स्थिरायते यदा च पूर्णः द्रावकः द्रवितो भवति तदा तापः पुनरपि वर्द्धते।

इदानीं प्रश्नोऽयं समुपतिष्ठति यत् द्रावकः यावत् द्रवमाण आसीत् तावत् तापः किमर्थं वृद्धिं नागच्छत् ? तत्काले यदूष्मा दीयमान आसीत् स द्रावकस्य अवस्थापरिवर्तने व्ययीभूतः। ऊष्मणानेन तापे परिवर्तनं न जायते। अतएवायं गुप्तोष्मा इत्यभिधीयते।

अतएव कस्यचिद् वस्तुनः गुप्तोष्मा ऊष्मणः तत्परिमाणं भवति यत् वस्तुतः तापपरिवर्तनं विनैव तद्वस्तुनः एकग्रामपरिमाणस्य अवस्थापरिवर्तने, अर्थात् घनस्य द्रवत्वे द्रवस्य च वाष्पात्मकत्वे, व्ययीभवति।

कस्यचिद् घनपदार्थस्य गुप्तोष्मा तु ऊष्मणः तत्परिमाणं भवति यत् १ ग्रामपरिमितं घनपदार्थं घनात् द्रवावस्थायां परिवर्तयितुं तस्य गलनाङ्के तापपरिवर्तनं विना बाह्यतः सङ्क्राम्यते। यदि तद्वस्तु द्रवावस्थातः घनरूपे परिवर्त्यते तर्हि तावन्मात्रमेव ऊष्मणः परिमाणं ततो निष्क्राम्यं भवति।

उपर्युक्ते उदाहरणे १ ग्रामपरिमिताय द्रावकाय तस्य गलनाङ्के द्रवावस्थायां परिवर्तनार्थं यावन्मात्रं ऊष्मणः परिमाणं प्रदत्तं तत् द्रावकद्रवणस्य गुप्तोष्मा भवति। इत्थमेव १ ग्रामपरिमिताय हिमाय ०° श (c) इत्यंशे तं जलावस्थायां परिवर्तयितुं यावदूष्मणः परिमाणं दीयते तदेव हिमस्य गुप्तोष्मा भविष्यतीति।

कस्यचिद् द्रवस्य वाष्पीकरणीयगुप्तोष्मा ऊष्मणः तत्परिमाणं भवति यत् १ ग्राम-परिमिताय द्रव्याय तस्य क्वथनाङ्के द्रवावस्थातः वाष्पात्मकावस्थायां परिवर्तनार्थं तापपरिवर्तनं विना दातव्यं भवति। यदि चेद् तद् वस्तु वाष्पात्मकावस्थातः द्रवावस्थायां परिणामं प्राप्स्यति तर्हि तावन्मात्रमेव ऊष्मणः परिमाणं निस्सारणीयं भविष्यति। १ ग्रामपरिमितं जलं १००° श (c) इत्यंशके तापे वाष्पात्मकावस्थायां परिवर्तयितुं यावन्मात्रं ऊष्मणः परिमाणं दातव्यं भविष्यति स एव जलीयवाष्पायनस्य गुप्तोष्मा भविष्यति।

१०. प्रयोगेण हिमगलनस्य गूढोष्मण उपलब्धिः—

प्रथमं एकः ऊष्मामापकः विलोडकश्च तोलनीयौ। तदनु प्रायशः तस्यार्धं कक्षतापात् प्रायेण ५° अंशाधिकतापयुक्तेन स्वल्पोष्णजलेन पूर्णं यम्। जलयुक्तः ऊष्मामापकः विलोडकश्च तोलनीये। सुग्राहकेनैकेन तापमापकेन, यस्मिन १° श (c) इत्यंशोऽन्यून दशसु पञ्चसु वा भागेषु विभक्तो भवेत् उष्णजलस्य तापोऽवलोकनीयः। भूयश्च मसिशोष-कपत्रेण विशोष्य हिमस्य लघुखण्डाः ऊष्मामापके निक्षेप्याः विलोडकेन च स विलोडनीयः। यदा तापो कक्षतापात् प्रायशः ५° इत्यंशपर्यन्तम् अधो गच्छेत् तर्हि हिमखण्डानां निक्षेपणं समाप्यते। यदा च सम्पूर्णो हिमः द्रवितो भवेत् तर्हि जलस्य न्यूनतमः तापोऽधिलेख्यः। अन्ते सम्पूर्णं जलमादाय ऊष्मामापकः विलोडकश्च तोलनीयौ। इत्थं संहतित्रयस्य तापत्रयस्य च प्रेक्षणैः हिमस्य गूढोष्मणः गणना कर्त्तव्या।

कल्पनीयम्

१—ऊष्मामापकः + विलोडकस्य संहतिः = $म_1$ ग्रामः

२—उष्णजलं + ऊष्मामापकः + विलोडकस्य संहतिः = $म_2$ ग्रामः

३—उष्णजलस्य तापः = $त°_1$ श (c)

४—हिमस्य तापः (अस्य मापनम् अनावश्यकम) = 0° श (c)

५—हिमस्य जलस्य च मिश्रणस्य तापः = $त_2°$ श (c)

६—हिमजलं + उष्णजलं + ऊष्मामापकः + विलोडकस्य संहतिः = $म_3$ ग्रामः

गणना—

हिमस्य संहति = $म_3 - म_2$ ग्रामः

यदा 0° श (c) इत्यंशे हिमः जलरूपेण परिवर्तितोऽभूत् तर्हि तेन ($म_3 - म_2$) ग कैलारीति गूढोष्मा गृहीतः, यत्र ग इति हिमस्य गुप्तोष्मा अस्ति। पुनश्च 0° श (c) इत्यंशात् $त°_2$ श (c) इतिपर्यन्तं जलस्य तापो वृद्धिं गतः। तदा तेन ($म_3 - म_2$) × १ × $त_2$ इति कैलारी ऊष्मा गृहीतः।

इत्थं ($म_3 - म_2$) ग्रामपरिमितेन हिमेन $त°_2$ श (c इत्यंशे जलरूपात्मके परिवर्तने ($म_3 - म_2$) ग + ($म_3 - म_2$) $त_2$ इति कैलारी
ऊष्मा गृहीतः.........(१)

ऊष्मामापकेन उष्णजलेन च प्रदत्तोष्मणः परिमाणम् =

$म_1 \times \cdot 1 \; (त_1 - त_2) + (म_2 - म_1) \times 1 \times (त_1 - त_2) \cdots (2)$

यत्र ·१ इति ऊष्मामापकस्य विशिष्टोष्मा तथा १ इति जलस्य विशिष्टोष्मा स्तः। अर्थात्

$$(म_3 - म_2)\, ग + (म_3 - म_2)\, त_2 = म_1 \times \cdot 1\, (त_1 - त_2)$$
$$+ (म_2 - म_1) \times 1\, (त_1 - त_2)$$

अथवा $(म_3 - म_2)(ग + त_2) = (म_1 \times \cdot 1 + म_2 - म_1) \times (त_1 - त_2)$

अस्मिन्नेव समीकरणे केवलं 'ग' इत्यज्ञातो राशिः। स उपलब्धुं शक्यते।

'ग' इत्यस्य मानम् अर्थात् हिमस्य गुप्तोष्मा ८० कैलारी इत्यस्ति।

अशुद्धिकारणं सावधानता च :—

१—हिमस्य लघुखण्डाः सर्वथा विशोष्य जले निक्षेप्याः। किमर्थम्?

२—हस्तेन गृहीत्वा हिमो न निक्षेप्यः।

३—ऊष्मामापकः काष्ठपिटके अभितः ऊर्णया तूलेन वा आवेष्ट्य निधातव्यः यतः चालनेन ऊष्मा बहिर्न गच्छेत्।

४—विकिरणसंशोधनार्थं (Radiation Correction) स्वल्पोष्णं जलं ऊष्मामापके ग्राह्यं भूयश्च तस्मिन् हिमं निक्षिप्य यावन्मात्रं तस्य तापो कक्षतापात् ऊर्ध्वंगतः स्यात् तावन्मात्रमेव कक्षतापात् अधः पर्यन्तं शीतलीकरणीयम् ।

५—हिमो जले न संम्प्लाव्यः । यतः प्लवनशीलेन हिमेन वायुत औष्ण्यं गृह्यते । एतदर्थं जालिकायुक्तः विलोडकः प्रयोक्तव्यः ।

११—हिमस्य अधिकगूढोष्मणः दैनिकजीवने प्रभावः—

(१) तुषारपातानन्तरं वायुमण्डलस्य तापो सर्वथा निपतति । किमर्थम् ?

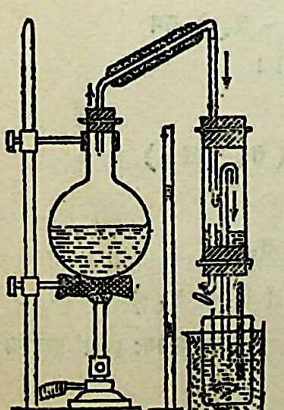
(२) प्रपातानां कासाराणां च जलं शनैश्शनैः घनीभवति येन अन्तर्वर्तिनः प्राणिनः अधः गच्छन्ति ।

(३) पर्वतानां हिमः शनैश्शनैः द्रवति । यदि चेत् हिमस्य गूढोष्मा अत्यल्पो स्यात् तर्हि हिमः शीघ्रं द्रवेत् नदीषु च जलप्लावनं भवेत् ।

(४) ग्रीष्मे अल्पहिमस्य निक्षेपेण प्रचुरं जलं शीतलं भवति । किमर्थम् ?

१२—प्रयोगेण जलीयवाष्पस्य गूढोष्मण उपलब्धि :—

एतत्प्रयोगार्थं प्रयुज्यमानम् उपकरणं ८·४ इति चित्रे प्रदर्शितम् । एकस्मिन् ताम्रमये फ्लास्के जलं क्वथयित्वा वाष्पो जन्यते यः तूलाच्छादितया नलिकया एकस्मिन् वाष्पकूटे (Water Trap) नीयते यत्र तस्य जलं वाष्पात् पृथग् भवति । वाष्पकूटश्च प्रायेण १५ सेण्टीमीटरदीर्घा तथा २·५ सेण्टीमीटर व्यासवती एका नलिका भवति यस्या ऊर्ध्वे अधश्च शीर्षे छिद्रयुक्तकार्कौ संयुक्तौ भवतः । तयोः छिद्रे परस्पराभिमुखोने न भवतः । ऊर्ध्ववर्तिनि छिद्रे संयुक्तनलिकातः वाष्पः वाष्पकूटाभ्यन्तरे प्रविशति तस्य जलञ्च अधस्तिष्ठति । केवलं वाष्पः द्वितीयनलिकातः निर्गच्छति ।



चित्रम् ८·४

यावत् फ्लास्के वाष्पो निर्मीयते तावद् ऊष्मामापी विलोडकश्च तोल्येते तदनु च तस्य प्रायेण ३/४ भागपर्यन्तं जलेनापूर्य तोल्यते । एकेन सुग्राहकेन १/१० °श (c) इत्यंशं यावद् पठ्यमानेन तापमापकेन जलस्य तापो गृह्यते । इदानीं वाष्पकूटस्य नलिकाशीर्षं मसिशोषकेन विशोष्य (यतस्तत्र जलबिन्दव एकत्रीभवन्ति) स ऊष्मामापके निधीयते येन तस्मिन् वाष्पस्य गमनं प्रारभते । यदा तापो १०° श (c) (किमर्थं नाधिकम्) इत्यंशं यावद् वृद्धिं गच्छति तर्हि ऊष्मामापी वाष्पकूटनलिकाया अधस्ताद् अपसार्यते । अस्मिन् काले अवधातव्यं यत् ऊष्मामापकस्य अपसारणसमये वाष्पकूटनलि-

कायाः शीर्षे जलस्य न्यूनतमपरिमाणं संयुक्तं भवेत्। द्वितीयं चेदं तथ्यम् अवधातव्यं यद् प्रथमं ऊष्मामापकम् अपसार्य तदनु प्रज्वलकः (Burner) अपसार्यते। यदि चेद् प्रथमं प्रज्वलकोऽपसार्येत तर्हि वाष्पस्य घनीभूतत्वात् फ्लास्काभ्यन्तरे निर्वातो भविष्यति। येन ऊष्मामापकस्य सम्पूर्णं जलम् ऊर्ध्ववर्तिन्यां नलिकायां उद्गमिष्यति प्रयोगश्च भ्रष्टो भविष्यति। वाष्पजलयोर् मिश्रणं प्रचुरं प्रधूय तस्य तापम् अभिलक्ष्य तत्तोल्यम्। प्रेक्षपणानामेषां साहाय्येन वाष्पस्य गूढोष्मा ज्ञातव्यः।

वाष्पस्य तापं ज्ञातुं वातमापकेन सम्पीडनं पठनीयं सारणीसाहाय्येन च जलस्य क्वथनाङ्को ज्ञातव्यः।

कल्प्यम् (१) ऊष्मामापिनः विलोडकस्य च संहतिः $= म_१$ ग्रामः

(२) ऊष्मामापिनः विलोडकस्य च + शीतलजलस्य संहतिः $= म_२$ ग्रामः

(३) शीतलजलस्य तापः $= त_१°$ श (c)

(४) वाष्पस्य तापः $= १००°$श (c)

(५) मिश्रणस्य तापः $= त°_२$ श (c)

(६) मिश्रणसहितोष्मामापिनः विलोडकस्य च संहतिः $= म_३$ ग्रामः

$\therefore$ वाष्पस्य संहतिः — $= म_३ - म_२$ ग्रामः

$\therefore म_३ - म_२$ ग्रामो वाष्पः प्रथमं १००°श (c) इत्यंशे जलरूपेण परिवर्तते तदनु १००°श (c) इत्यशे निर्मितं जलं $त_२°$ श (c) इत्यशं यावत् शीतलं भविष्यति। अतएव वाष्पद्वारा $त_२°$ श (c) इत्यंशं यावत् जलरूपे परिवर्तनानन्तरं प्रदत्तोष्मणः परिमाणम्।

$$= (म_३ - म_२) ग + (म_३ - म_२) १ (१०० - त_२),$$ यत्र

'ग' इति = वाष्पस्य गूढोष्मा, १ = जलस्य विशिष्टोष्मा।

ऊष्मामापिना जलेन च गृहीतोष्मणः परिमाणम् :—

$$= म_१ \times ·१ (त_२ - त_१) + (म_२ - म_१) (त_२ - त_१)$$

परिमाणे इमे तुल्ये स्याताम्

$$\therefore (म_३ - म_२) ग + (म_३ - म_२) (१०० - त_२)$$

$$= म_१ \times ·१ (त_२ - त_१) + (म_२ - म_१) (त_२ - त_१)$$

समीकरणेऽस्मिन् 'ग' इत्यज्ञातराशिः, गणनाद्वारा स उपलब्धुं शक्यः। 'ग' इत्यस्य प्रामाणिकं मानं ५३६ कैलारीपरिमितमस्ति।

प्रयोगेऽस्मिन् दोषोऽयं यत् वाष्पस्य किञ्चित्परिमाणं ऊष्मापिनि आगमनात् पूर्वमेव घनीभवति जलस्य च किञ्चित्परिमाणं वाष्पकूटनलिकायाम् आसक्तं भवति।

उदाहरणम्—(१) कस्यचिद्घनस्य विशिष्टोष्मणः उपलब्धेः प्रयोगे प्रेक्षणमिदं गृहीतम् :—

१—घनस्य संहतिः = ६२.५५ ग्रामाः

२—उष्मामापिनः + विलोडकस्य संहतिः = ६२.४० ग्रामाः

३—ऊष्मामापिनः + विलोडकस्य + जलस्य संहति = १५४·७० ग्रामाः

४—जलस्य प्रारम्भिकः तापः = २८°श (c)

५—स तापो यावत्पर्यन्तं घनपदार्थं उत्तापितः = ९९°श (c)

६—मिश्रणस्य तापः = ३०°श (c)

७—एतेभ्यः प्रेक्षणेभ्यः घनस्य विशिष्टोष्मण गणना कर्त्तव्या (ऊष्मामापिनः विशिष्टोष्मा = ·१)

∵ जलस्य संहतिः = १५४·७० − ६२·४० ग्रामाः

= ६२·३० ग्रामाः

∴ ऊष्मामापिना + विलोडकेन + जलेन २८°श (c) इत्यतः ३८°श (c) इत्येतावत्पर्यन्तं तापं वर्द्धयितुं गृहीतोष्मा

=(६२·४ × ·१ + ६२·३०) × (३० − २८) कैलारी······(१)

यदि घनस्य विशिष्टोष्मा 'स' इति स्यात् तर्हि घनद्वारा ९९°श (c) इत्यतो ३०°श (c) इत्येतावत्पर्यन्तं शीतलोभवने प्रदत्तोष्मा = ६०·५५ × स × (९९ − ३०) कैलारी···(२) उभे ऊष्मामात्रके तुल्ये स्तः

अतएव (६२·४ × ·१ × ६२·३०) × २ = ६०·५५ × स × ६९

अथवा १४३·०८ = ४१७७·९५ स

अथवा स = ·०३४

घनस्य विशिष्टोष्मा = ·०३४ इत्युत्तरः

उदाहरणम्—(२) ३७५ ग्रामपरिमितं वस्तु १००°श (c) इति पर्यन्तं उत्ताप्य १५°श (c) इत्यंशे २६० ग्रामपरिमिते जले निक्षिप्यते येन मिश्रणस्य तापो २५°श (c) इत्यंशको भवति। यदि ऊष्मामापिनः जलतुल्याङ्को २० ग्रामपरिमितो भवेत् तर्हि तद्वस्तुनः विशिष्टोष्मा उपलभ्यः।

∴ ३७५ ग्रामपरिमितं वस्तु १००°श (c) इत्यतो २५°श (c) इति पर्यन्तं शीतलीभूतं अतएव वस्तुद्वारा प्रदत्तोष्मा = ३७५ × स × ७५ कैलारी, यत्र 'स' इति वस्तुनः विशिष्टोष्मा अस्ति।

∵ ऊष्मामापिनः तस्य जलस्य च जलतुल्याङ्क=२६० + २०=२८० ग्रामाः

अतएव २८० ग्रामपरिमितं जलं १५° श (c) इत्यतो २५° श (c)

इतिपर्यन्तं उत्तप्तं तेन च २८० × १ × १० कैलार्यूष्मा गृहीतः

किन्तु वस्तुना प्रदत्तोष्मा=जलेन + ऊष्मामापिना गृहीतोष्मा

∴ ३७५ × स × ७५ = २८० × १ × १०

अथवा स = ·०९९

∴ वस्तुनः विशिष्टोष्मा = ·०९९ इत्युत्तरः

उदाहरणम् (३) —२०० ग्रामपरिमितमेकं शीशकशकलं १००° श (c) इतिपर्यन्तम् उत्ताप्य ३०° श (c) इत्यंशे ५० ग्रामजले निक्षिप्यते । यदि चेद् शीशकस्य विशिष्टोष्मा. ·२ इति स्यात् तर्हि मिश्रणस्य ताप उपलभ्यः ।

कल्प्यं यत् मिश्रणस्य ताप : त° श (c) इत्यस्ति ।

अतएव शीशकखण्डेन त° श (c) इतिपर्यन्तं शीतलीभवने प्रदत्तोष्मा = २०० × .२ × (१००–त) कैलारी

ऊष्मण इमे उभे मात्रके तुल्ये स्तः,

अथवा ८०–.८ त = त–३०

अथवा १. ८ त = ११०

∴ त = ६१. १° श (c) प्रायेण

∴ मिश्रणस्य तापः = ६१. १° श (c) इति प्रायः

उदाहरणम् ४—हिमस्य गूढोष्मणः गणना कार्या यदाः—

१. ऊष्मामापिनः + विलोडकस्य संहतिः = ९२.४० ग्रामाः

२. ऊष्मामापिनः + विलोडकस्य + जलस्य संहतिः = १५४.७० ग्रामाः

३. जलस्य तापः = २८° श (c)

४. हिमस्य तापः (अस्य मापनम् अनावश्यकम्) = ०° श (c)

५. मिश्रणस्य तापः = २२° श (c)

६. ऊष्मामापिनः + जलेन प्रदत्तोष्मा = हिमेन द्रवणार्थं गृहीतोष्मा + हिमस्य जलेन २०° श (c) इत्येतावत्पर्यन्तं उष्णीभावार्थं गृहीतोष्मा

∴ ९२·४ × ·१ × ६ + ६२·३ × ६ = ४·२ × ग + ४·२ × २२

यत्र .१ इति ताम्रस्य विशिष्टोष्माष्मा तथा 'ग' इति हिमस्य गूढोष्मा स्तः ।

∴ गः = ८०.२ कैलार्यः

∴ हिमस्य गूढोष्मा = ८०.२ कैलार्य इत्युत्तरः

उदाहरणम् (५)—वाष्पस्य गूढोष्मण गणना कार्या यदा।

(१) ऊष्मामापिनः + विलोडकस्य संहतिः = ९१.८७ ग्रामाः

(२) उष्मामापिनः + विलोडकस्य + जलस्य संहतिः = १६९.५८ ग्रामाः

(३) जलस्य प्रारम्भिकः तापः = २८.५°श (c)

(४) वाष्पस्य संहतिः = ९९°श (c)

(५) मिश्रणस्य तापः = ३४.५° श (c)

(६) ऊष्मामापिनः + विलोडकस्य + जलस्य + वाष्पस्य संहतिः
= १७०.४४ ग्रामाः

गणना।

∵ जलस्य संहतिः = १६९.५८—९१.८७ = ७७.७१ ग्रामाः

वाष्पस्य संहतिः = १७०.४४-१६९.५६ = ०.८६ ग्रामाः

∴ वाष्पेण + वाष्पस्य जलेन प्रदत्तोष्मा = उष्मामापिना + जलेन गृहीतोष्मा

∴ .८६ ग + .८६ × ६४.५ = (९१.८७ × १ × ७७.७१) × ६

यत्र 'ग' इति वाष्पस्य गूढोष्मा

अथवा .८६ ग + ५५.४७ = ५२१.६८२

अथवा .८६ ग = ५२१.३८२—५५.४७

अथवा ग = $\frac{४६५.९१२}{.८६}$

= ५४२ कैलार्यः प्रायेण

∴ वाष्पस्य गूढोष्मा = ५४२ कैलार्यः इत्युत्तरः

उदाहरणम् (६)—यदि १००° श (c) इत्यंशे क्वथनशीले १०० ग्रामपरिमिते जले २० ग्रामपरिमितः हिमः निक्षिप्यते येन तस्य तापो ७०° श (c) इति भवति तर्हि हिमस्य गूढोष्मा उपलभ्य इति।

∵ हिमः + हिमजलेन गृहीतोष्मा = उष्णजलेन प्रदत्तोष्मा, यदि हिमस्य गूढोष्मा 'ग' इति कैलारी स्यात्, तर्हि

२० × ग + २० × ७० = १०० × (१००-७०)

अथवा २० ग = ३०००—१४०० = १६००

अथवा ग = ८०

∴ हिमस्य गूढ़ोष्मा = ८० कैलार्य इत्युत्तरः

प्रश्नाः

(१) परिभाषा कार्या-कैलारी, ऊष्माधारिता, ऊष्मामापिनः जलतुल्याङ्कः, विशिष्टोष्मा गूढोष्मा च ।

(२) कस्यचिद् वस्तुनः विशिष्टोष्मा याथार्थ्येण कथम् उपलभ्यः ? तत्र कानि अशुद्धिकारणानि सम्भाव्यन्ते तानि च कथं निराकरणीयानि ?

(३) २०० ग्रामपरिमितस्य जलस्यतापं २५° श (c) इत्यतः ५०° श (c) इति पर्यन्तं कर्त्तुं कियन्मात्रोष्मणा आवश्यकता भविष्यति ? (उ० ५००० कैलार्यः)

(४) १०० ग्रामपरिमितं स्पिरिटं (विशिष्टोष्मा ०·६) २०° श (c) इत्यतो ५०° श (c) इति पर्यन्तं उत्तापितुं कियन्मात्रोष्मणा आवश्यकता भविष्यति ? (उ० १८०० कैलार्यः)

(५) २० ग्रामपरिमितस्यैकस्य प्लेटिनमखण्डस्य तापं २०° श (c) इत्यतो ५००° श (c) इति पर्यन्तं वर्द्धयितुं ३४५·६ कैलार्यूष्मणा आवश्यकता भवति तर्हि प्लेटिनमस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति । (उ० ०·०३६)

(६) एकस्मिन् ऊष्मामापिनि, यस्य तापो २४° श (c) इत्यस्ति, ४०°श (c) इत्यंशे १०० ग्रामपरिमितं जलं निक्षिप्यते यतः मिश्रणस्य तापो ३६° श (c) इत्यंशको भवति तर्हि ऊष्मामापिनः जलतुल्याङ्को ज्ञातव्यः । (उ०-३३·३३ ग्रामाः)

(७) एकस्मिन् ताम्रमये ऊष्मामापिनि १५° श (c) इत्यंशे २० ग्रामपरिमितं जलं पूरितम् । यदि चेद् २०० ग्रामपरिमितमेकं लौहशकलं १००° श (c) इत्यंशं यावत् उत्ताप्य ऊष्मामापिनि निक्षिप्यते तर्हि मिश्रणस्य तापो ५०° श (c) इत्यंशको भवति । यदि चेद् लौहस्य विशिष्टोष्मा ·११ इति स्यात् तर्हि ऊष्मामापिनः जलतुल्याङ्को ज्ञातव्य इति । (उ० ११. ४३ ग्रामाः)

८— एकस्मिन् ताम्रमये ऊष्मामापिनि २०° श (c) इत्यंशे ५० ग्रामपरिमितं जलं पूरितम् । यदि ५४ ग्रामपरिमितं शीशकशकलं १००° श (c) इत्यंशं यावद् उत्ताप्य तस्मिन् शीशकखण्डस्य निक्षेपणात् मिश्रणस्य तापो ३०° श (c) इत्यंशको भवेत् ऊष्मामापिनश्च संहतिः २५६ ग्रामपरिमिता वि० ऊष्मा च०. १ इति स्याताम् तर्हि शीशकस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति । (उ० ०.२)

९–२५० ग्रामपरिमिते एकस्मिन् ताम्रमये ऊष्मामापिनि २५° श (c) इत्यंशे ४० ग्रामपरिमितं जलं पूरितमस्ति। यदा १०० ग्रामपरिमितं ताम्रशकलमेकं १००° श (c) इत्यंशं यावत् उत्ताप्य तस्मिन् निक्षिप्यते चेत् तर्हि मिश्रणस्य तापो ३५° श (c) इत्यंशको भवति। तर्हि ताम्रस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति। (उ० ०.५)

१०–एकस्योष्मामापिनः जलतुल्याङ्को ३० ग्रामपरिमितोऽस्ति। यदि चेद् १२० ग्रामपरिमितं लौहशकलं १००° श (c) इत्यंशं यावत् उत्ताप्य जले निक्षिप्यते तर्हि मिश्रणस्य तापो कियन्मात्रकः स्यात्। (लोहस्य विशिष्टोष्मा ०.११)। संङ्केतः— (३०+४०) (त–२२)= १२०×·११× (१००–२. यत्र त° श (c) इति मिश्रणस्य तापोऽस्ति। (उ० ३४. ३७° श (c)

११–२५ ग्रामजलतुल्याङ्कीये एकस्मिन् ऊष्माभापिनि २२° श (c) इत्यंशे ३५ ग्रामपरिमितं जलं पूरितमस्ति। तस्मिन् ५० ग्रामपरिमितं स्पिरिटं ५२° श (c) इत्यंशं यावत् उत्ताप्य निक्षिप्यते तर्हि मिश्रणस्य तापो ३२° श (c) इत्यंशको भवति। अतो स्पिरिटस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति। (उ० ०·६०)

१२–२० ग्रामजलतुल्याङ्कीये ऊष्मामापिनि १०० ग्रामपरिमितं तारपीनतैलं २५° श (c) इत्यंशे पूरितमस्ति। यदा तस्मिन् ६२ ग्रामपरिमितं ताम्रशकलमेकं (विशिष्टोष्मा-०.१) ८०° श (c) इत्यंश यावद् उत्ताप्य तस्मिन् निक्षिप्यते तर्हि मिश्रणस्य तापो ३०° श (c) इत्यंशको भवति। अतः तारपीनतैलस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति। (उ० ०.४२)

१३–१० ग्रामपरिमित एकः प्लेनिममयः कन्दुकः (वि० ऊष्मा ०.० ३६) भ्राष्ट्रस्यैकस्य तापपर्यन्तम् उत्ताप्य २२ ग्रामजलतुल्याङ्कीये ऊष्मामापिनि पूरिते ५० ग्रामपरिमिते जले निक्षिप्तः तर्हि जलस्य तापो २६° श (c) इत्यंशात् वर्धित्वा ३०° श (c) इत्यंशको जातः। भ्राष्ट्रस्य ताप उपलभ्य इति। (उ० ८३०°c)

१४–१० ग्रामपरिमित एकः लौहकन्दुकः (वि० ऊष्मा०.११५) भ्राष्ट्रस्यैकस्य तापं यावद् उत्ताप्य ५० ग्रामपरिमिते जले निक्षिप्तः। तज्जलं २६ ग्रामजलतुल्याङ्के ऊष्मामापिनि पूरितमासीत्। यदि चेद् जलस्य तापो २१° श (c) इत्यतो ३०° श (c) इतिपर्यन्तं जातः तर्हि भ्राष्ट्रस्य ताप उपलभ्यः। (उ० ६३०° श)

१५–३७५ ग्रामपरिमितमेकं वस्तु १००° श (c) इत्यंशं यावत् उत्ताप्य १५° श (c) इत्यंशे २८० ग्रामपरिमिते जले निक्षिप्यते येन मिश्रणस्य तापो २५° श (c) इत्यंशको भवति तर्हि तद्वस्तुनः विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति। (उ०.०९९६)

१६–२५ ग्रामपरिमिते एकस्मिन् ताम्रपात्रे २५० ग्रामपरिमितं तारपीनतैलं पूर्यते। उभे १००° श (c) इत्यंशं यावद उत्ताप्य ११० ग्रामके ऊष्मामापिनि १३° श (c)

इत्यंशे ५३५ ग्रामजले निमज्ज्यते यतः तयोस् तापः २७.५°श (c) इत्यंशको भवति। यदि चेद् ताम्रस्य विशिष्टोष्मा ·१ इति भवेत् तर्हि तारपीनतैलस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति। (उ०·४२७)

१७–२०० ग्रामपरिमितं ताम्रशकलमेकं, यस्य विशिष्टोष्मा ·६५ इत्यस्ति, १००° श (c) इत्यंशं यावद् उत्ताप्य ८° श (c) इत्यंशे उत्ताप्य १०० ग्रामपरिमिते अलकोहले निक्षिप्यते। अलकोहलः २५ ग्रामभारान्विते ताम्रोष्मामापिनि पूरितोऽस्ति। यदि चेद् मिश्रणस्य तापो २८·५° श (c) इत्यंशको भवति तर्हि अलकोहलस्य विशिष्टोष्मा विज्ञाप्य इति। (उ०. ६३६)

१८–४४°श (c) इत्यंशे २० ग्रामजलं १००° श (c) इत्यंशे ८ ग्रामजले मिश्रितं क्रियते तर्हि मिश्रणस्य तापो ज्ञातव्यः। (उ० ६०° श (c))

१९–१० ग्रामहिमं विद्राव्य २०° श (c) इत्यंशे जलरूपे तस्य परिवर्तनार्थं कियत्कैलार्यूष्मा अपेक्ष्यते ? (उ० १००० कैलार्यः)

२०–१०० ग्रामताम्रशकलमेकं १००° श (c) इत्यंशं यावद् उत्ताप्य हिमे निधीयते तर्हि हिमस्य कियत्परिमाणं द्रविष्यति ? (ताम्रस्य विशिष्टोष्मा = .१)

(उ० १२.५ ग्रामाः)

२१–४०० ग्रामपरिमितमयः भ्राष्ट्रादेकस्मात् उद्धृत्य हिमे निधीयते तर्हि ४४० ग्राम हिमः द्रवति। यदि लौहस्य विशिष्टोष्मा ·११ इति भवेत् तर्हि भ्राष्ट्रस्य ताप उपलभ्यः।

(उ० ८००° श (c))

२२–१०० ग्रामप्लेटिनमखण्डः १०००° श (c) इत्यंशं यावद् उत्ताप्य हिमे निधीयते तर्हि ४० ग्रामहिमः द्रवति। प्लेटिनमस्य विशिष्टोष्मा उपलभ्य इति। (उ०. ०३२)

२३–१००° श (c) इत्यंशे कन्नयनशोले १०० ग्रामजले २० ग्रामहिमः निक्षिप्यते येन तस्य तापः ७०° श (c) इत्यंशको भवति तर्हि हिमस्य गूढोष्मा उपलभ्य इति।

(उ० ८० कैलार्यः)

२४–जलस्य अधिकविशिष्टोष्मण अस्माकं दैनिकजीवने कः प्रभावो भवति ?

२५–२० ग्रामजलस्य तापः २०° श (c) इत्यस्ति तर्हि १००° श (c) इत्यंशे तस्य वाष्पीकरणे कियन्मात्रोष्मा दातव्य इति ? (उ० १२ ३२० कैलार्यः)

२६—यदि १००°श (c) इत्यंशे २५ ग्रामवाष्पः ०°श (c) इत्यंशे ३०० ग्रामजले अधिसार्यते तर्हि जलस्य तापः कियन्मात्रको भविष्यति ? (वाष्पस्य गूढोष्मा = ५३६ कैलार्यः) (उ० ४८·९°श (c))

२७—प्रयोगेण वाष्पस्य गूढोष्मा कथमुपलभ्यते ? १५°श (c) इत्यंशे १०० ग्रामजले १० ग्रामवाष्पः अधिसार्यते येन जलस्य तापो ७१·५°श (c) इत्यंशको भवति तर्हि वाष्पस्य गूढोष्मा उपलभ्य इति। (उ० ५३६·५ कैलार्यः)

२८—ताम्रोष्मामापिनः भारः ८० ग्रामपरिमितोऽस्ति ताम्रस्य विशिष्टोष्मा च ·०९२ इत्यस्ति तस्मिन् १०°श (c) इत्यंशे १०० ग्रामजले १००°श इत्यंशे वाष्पोऽधि-सार्यते। येन तस्य तापो ८०°श (c) इत्यंशको भवति तौलनाच्च सम्पूर्णजलस्य भारः ११३·४२ ग्रामपरिमितो भवति। तर्हि वाष्पस्य गूढोष्मा उपलभ्य इति। (उ० ५४० कैलार्यः)

२९—०°श (c) इत्यंशे जले—१२०°C इत्यंशे १०० ग्रामहिमः निक्षिप्यते येन हिमस्य तापः ०°C इत्यंशको भवति ७२ ग्रामपरिमितं जलं च घनीभवति। यदि चेद् हिमस्य विशिष्टोष्मा ·५ इति स्यात् तर्हि हिमस्य गूढोष्मा उपलभ्य इति। (उ० ८३·३ कैलार्यः)

३०—३० ग्रामहिमस्य तापः —२०°श (c) इत्यंशकोऽस्ति। १००°श इत्यंशे तस्य वाष्पीकरणार्थं कियन्मात्रोष्मण आवश्यकता भविष्यति ? (हिमस्य विशिष्टोष्मा =·५)। (उ० ७२६० कैलार्यः)

३१—हिमस्य गुप्तविशिष्टोष्मणोऽन्तरं निर्देश्यम्।

३२—कस्यचिद् लौहखण्डस्य भारः २० ग्रामपरिमितोऽस्ति तापश्च ८०°श (c) इत्यंशकोऽस्ति। स एतादृशे पात्रे निक्षिप्यते यत्र ०°श (c) इत्यंशे १०० ग्रामजलं वर्तते। ०°श (c) इत्यंशकतापान्वितस्य हिमस्य अन्यूनं कियत्परिमाणं तस्मिन् निक्षेप्यं येन पात्रस्य तापो ०°श (c) इत्यंशको भवेत् ? (लौहस्य विशिष्टोष्मा = ०·११२) (उ० २२·४ ग्रामाः)

अध्यायः ९

अवस्थापरिवर्तनम् (Change of State)

१—गलनाङ्को हिमाङ्कश्च (Melting Point and Freezing Point)

पदार्थाः अवस्यात्रये उपलभ्यन्ते । घनः, द्रवः वाष्पश्चेति एतासामवस्थानाम् अभिधानानि । प्रत्येकः पदार्थः साधारणे तापे कस्याञ्चिदेकस्यामवस्थायां तिष्ठति । किन्तु, उत्तापनाद् घनो द्रवावस्थायां द्रवश्च वाष्पात्मकावस्थायां परिवर्त्यते । एतद्विपरीतं शीतलीकरणात् वाष्पो द्रवावस्थां द्रवश्च घनावस्थां प्राप्नोति ।

यदा कश्चिद् घनपदार्थः द्रवरूपे परिवर्तते तर्हि एतदवस्थापरिवर्तनं गलनमितिनाम्नाभिधीयते । यस्मिंश्च निश्चिते तापे स घनः गलति तत्तापो घनस्य गलनाङ्क इति अभिधीयते ।

एतद्विपरीतं यदा कश्चिद् द्रवः घनरूपे परिवर्तते तर्हि अवस्थापरिवर्तनमिदं घनीकरणम् (Solidification) इत्यभिधीयते यस्मिंश्च निश्चिते तापे स द्रवः घनावस्थायां परिवर्तते, तत्तापो द्रवस्य घनीकरणाङ्क इत्युच्यते ।

कतिपयसाधारणवस्तूनां गलनांकः

पैराफिनम्	—५२°श (c)	पारदः	३१°श (c)
जस्तम्	—४१९°श (c)	नवनीतम्	३३°श (c)
सीशकम्	—३२७°श (c)	फास्फोरसम्	४४°श (c)
गन्धकः	—११४°श (c)	अलमुनियमम्	६५७°श (c)
टिनम्	—२२०°श (c)		

२—प्रयोगद्वारा वस्तूनां गलनांकस्योपलब्धिः

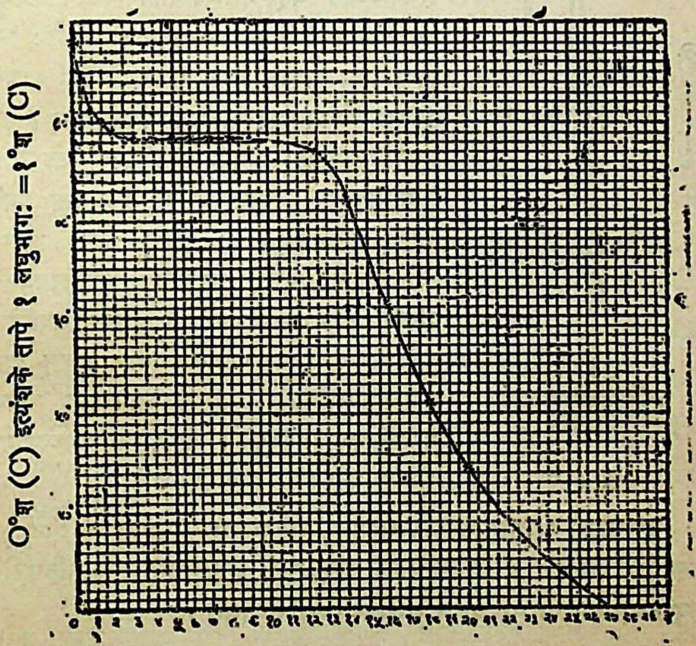
गलनाङ्कस्योपलब्धेः साधारणतः रीतिद्वयं वर्तते:—

१—शीतलनवक्रस्य: (Cooling Curve)

२—केशनलिकायाः (Capillary Tube)

१—शीतलनवक्रस्य रीतिः

रीत्यामस्यां घनपदार्थः कस्मिंश्चिद् ऊष्मामापिनि निधाय उत्ताप्य च द्राव्यते द्रवणानन्तरं भूयश्च किञ्चिद् उत्ताप्यते। तदनु द्रवः विलोडकेन चाल्यते शीतलीक्रियते च। प्रत्येकस्मिन् मिनटे तापोऽधिलिख्यते समये तापे च शीतलनवक्रोऽङ्क्यते। येषाम् वस्तूनां वक्राङ्काः ०°श (c) १००°श (c) इत्येतयोर्मध्ये भवन्ति तेषां वक्राः सौकर्यातिशयेन अङ्कयितुं शक्यन्ते। अधःस्थिते वर्गपत्रे नैपथलीनस्य वक्रोऽङ्कितः।



समयः (मिनटे) मापिका—२ लघुभागौ = १ मि०

चित्रम् ९·१

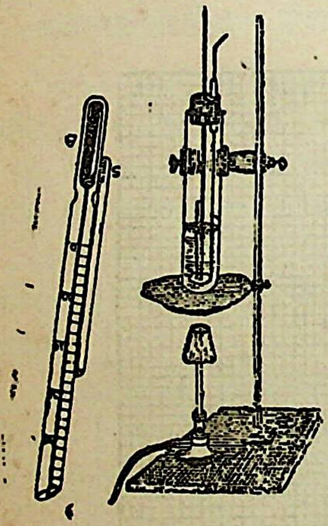
घनीकरणम्—यदि किञ्चिद्वस्तु द्रवावस्थायां तिष्ठति तर्हि प्रथमं तद् समानरूपेण शीतलं भवति। एतावच्चेदं भवति यत् तद् स्वकीयतापं प्राप्नोति। तदनन्तरं द्रवस्य घनीभावो प्रारभते घनीभवनकाले च वस्तुना तेन गूढोष्मा दीयते येन तापो न निष्पतति। अतएव यावत् सम्पूर्णः द्रवः घनावस्थायां न परिवर्त्यते तावत् तापः प्रायः स्थिरो भवति। तदनन्तरं घनस्य तापो भूयः समानरूपेण निष्पतति। एतावच्चेदं भवति यद् स तापो कक्षस्य तापानुरूपो भवति।

शीतलनवक्रस्य यो भागः समयाक्षस्य समान्तरो भवति तस्यैव तापः घनस्य गलनाङ्को भवति।

एतत्प्रयोगार्थं वस्तुनोऽधिकपरिमाणस्य—आवश्यकता भवति।

२—केशनलिकायाः रीतिः

रीत्यामस्यां शीशकनलिका उत्तापनपूर्वकमाकृष्य एका केशनलिका निर्मीयते तस्याश्च शीर्षमिकम् अवरुध्यते। घनश्च सूक्ष्मरूपेण सम्पिष्य केशनलिकाया अभ्यन्तरे पूर्यते। नलिकेयं तापमापकेन सह एकया रवरकुण्डलिकया इत्थमावध्यते यत् नलिका तापमापकस्य कण्डिकया संयुक्ता भवेत् (चित्रम् अ)। वीकरे गन्धकः, अम्लोऽथवा अन्यः कश्चित् ईदृशः द्रवो गृहते यस्य क्वथनाङ्को तद्घनस्य गलनाङ्काद् अतिशयोर्ध्ववर्तो भवेत्। तस्मिन् केशनलिकासहितः तापमापकः इत्थं लम्व्यते यत् केशनलिकायाः उन्मुक्तं शीर्षं द्रवतलात् पर्याप्तोर्द्धं तिष्ठेत् (चित्रम् व)। तदनु द्रवः उत्ताप्यते। केशनलिकायां पूरितः घनपदार्थो निरन्तरमवलोक्यते यस्मिश्च तापे अपारदर्शकः घनः पारदर्शकद्रवरूपे परिवर्तते स त्वरितमेव पठ्यते। तदनु वर्नरम् अपसार्य द्रवो शीतलीक्रियते। यस्मिश्च तापे तस्य घनीभवनमारभते तत्पुनः पठ्यते। तापयोरनयोः मध्यमानस्योपलब्ध्या घनस्य गलनाङ्क उपलभ्यते।



चित्रम् ९-२

३—वाष्पायनं संघननञ्च (Vapourisation and Condensation)

कस्यचिद् द्रवस्य वाष्पावस्थायां परिवर्तन वाष्पायनमिति तद्विपरीतं च वाष्पस्य द्रवावस्थायां परिवर्तनं संघननमित्यभिधीयते।

यदा कश्चिद् द्रवः शनैश्शनैः प्रत्येकस्मिन् तापे वाष्पावस्थायां परिवर्तते तर्हि परिवर्तनमिदं वाष्पायनम् इत्युच्यते।

यदा कश्चिद् द्रवः कस्माच्चिद् निश्चितसम्पीडनाद् अधः एकस्मिन् निश्चिते तापे सत्वरं वाष्पावस्थायां परिवर्तते तर्हि परिवर्तनमिदं क्वथनमित्युच्यते।

क्वथनाय वाष्पायनाय वा द्रवो गूढोष्माणंम् अपेक्षते। १००° श (c) जलस्य गूढोष्मा ५३६ कैलारीपरिच्छिन्नो भवति।

४—वाष्पायनस्य क्वथनस्य च तुलनात्मकमध्ययनम्:—

यदि चेदस्माभिः आर्द्रवस्त्राणि प्रकोष्ठे लम्ब्यन्ते तर्हि तानि प्रत्येकस्मिन् तापे शनैः शनैः शुष्यन्ति। कस्याञ्चिद् स्थाल्यां जलम् आपूर्य स्थाप्यते चेद् तर्हि किञ्चित्कालोपरान्तं

वाष्पीभूय तद् विलीयते। इत्थं वाष्पायनं नाम क्रमशः जायमानं परिवर्तनं भवति यत्तु प्रत्येकस्मिन् तापे केवलं द्रवतले भवति। किन्तु तत्र निम्नकारणानां प्रभावो भवति—

(१) द्रवस्य अनावृततलीयक्षेत्रफलात्-तलस्य क्षेत्रफलं यावदेव अधिकं स्यात् तावानेव अधिको वाष्पः निर्मीयते। प्रायोऽत्रलोक्यते यत् यदा दुग्धस्य शीतलीकरणम् अभीष्टं भवति तर्हि तद् विस्तृते पात्रे निधीयते अथवा उपरितः सूक्ष्मधारेण निष्पात्यते।

(२) द्रवतले वायुप्रवाहस्य-द्रवतले यावता वेगेन वायुः प्रवहति तावानेव अधिको वाष्पः निर्मीयते। ग्रीष्मे स्वेदशोषणार्थं वायुः प्रेर्यते यतः स्वेदो क्षिप्रमेव वाष्पीभूय विलीयते।

(३) द्रवीयतापस्य—शीतकालापेक्षया ग्रीष्मर्त्तौ वासांसि शीघ्रं शुष्यन्ति यतो यावानेव अधिकः तापो भवति तावच्छीघ्रमेव वाष्पायनं भवति।

(४) द्रवतलस्पर्शकर्त्तुः वाष्पस्य सम्पीडनस्य—यदि द्रवतलोपरि वाष्पोऽल्पः स्यात् तर्हि वाष्पायनं शीघ्रतया भवति। यदि चेत् वाष्पोऽधिकः भवेत् तर्हि वाष्पायनं शनैश्शनैः भवति। वर्षाकाले आर्द्रवस्त्राणि शीतकालापेक्षया अधिकविलम्बेन शुष्यन्ति यतो वर्षाकाले वायुः अत्यार्द्रो भवति।

(५) द्रवप्रकृतेः—ईथरालकोहलसदृशाः द्रवाः शीघ्रतया वाष्पायन्ते किन्तु जलं विलम्बेन वाष्पायते।

(६) वायुसम्पीडनस्य—वायुसम्पीडनं यावदेव अल्पं स्यात् तावच्छीघ्रमेव कश्चिद् द्रवो वाष्पायते। निर्वाते वाष्पायनस्य गतिः सर्वाधिका भवति। अनेकेभ्यः विलयनेभ्य आसवं गृहीतुं निर्वाते वाष्पायनरीत्या कार्यं क्रियते।

क्वथनकार्यं कस्मिंश्चिद् निश्चिते सम्पीडने एकस्मिन् निश्चिते तापे पूर्णद्रवे सम्पद्यते (न केवलं उपरितले)। तत्र निम्नकारणानां प्रभावो भवति।

(१) द्रवे कार्यशीलस्य वायुसम्पीडनस्य—सम्पीडनस्य अल्पतया क्वथनाङ्कस्य-न्यूनत्वम् आधिक्येन च आधिक्यं भवति। अतएव उत्तुङ्गपर्वतेषु द्विदलं न गलति।

(२) द्रवे विलीनवस्तूनाम्—यदि चेद् जले लवणं विलीनं स्यात् तर्हि तज्जलं १००° (c) इत्यस्माद् अधिके तापे क्वथयिष्यति।

(५) वाष्पायनात् शैत्यं जायते :—

यदा कश्चिद् द्रवः वाष्पायते तर्हि शैत्यं जायते यतः तेन द्रवेण अवस्थापरिवर्तनार्थं गूढोष्मा गृह्यते। ईदृशस्य शैत्यप्रादुर्भावस्य अनेकानि उदाहरणानि अस्माभिः स्वदैनिकजीवने अनुभवितुं शक्यानि।

(१) ग्रीष्मे झञ्झरीणां घटानाञ्च जलं शीतं भवति।

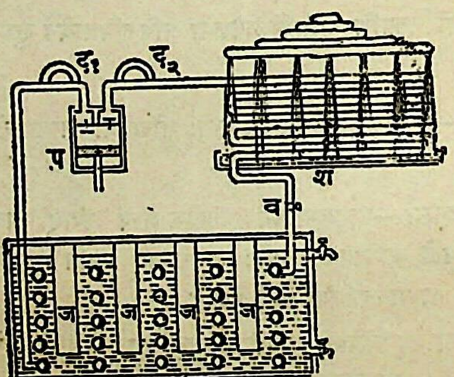
(२) स्वेदो यदा वाष्पायते तर्हि शैत्यम् अनुभूयते।

(३) उशीरावरणेषु यदा वाष्पो निर्मीयते तर्हि शैत्यं प्रादुर्भवति ।
(४) उष्णचायादिपेयानां शीतलीकरणार्थं ते विस्तृते पात्रे निधीयन्ते ।
(५) यदा द्रवो अमोनियावाष्परूपेण परिवर्तते तर्हि तस्मात् शैत्यं प्रादुर्भवति । सिद्धान्तमिमं प्रयुज्य जलीयहिमः निर्मीयते ।

हिमनिर्मापकयन्त्रे निम्नभागाः भवन्ति :—

(अ) 'प' इति एकः पम्पः—अयमेकः चूषणसम्पीडनपम्पो (Suction and Compression Pump) भवति यः विद्युच्छक्त्या प्रेर्यते । अनेन वाष्पनिर्मातृनलिकातः चूषणं क्रियते संघनननलिकासु (Condensing Coils) च सम्पीडनं क्रियते ।

(ब) एकः जलाधारः—अयम् लवणविलयनेन पूरितः एकः पृथुलाधारो भवति यस्य मध्ये धातुमयपात्रेषु संघननार्थं शुद्धं जलं वर्तते ।



चित्रम् ६-३

(स) वाष्पनलिकाः (Evaporating Coils)—एतासु द्रवामोनियापदार्थः कार्बनडायाक्साइडपदार्थो वा पूरितो भवति एताश्चनलिकाः क्षैतिजरूपेण लवणविलयने तिष्ठन्ति । चित्रे एतासां नलिकानाम् अनुप्रस्थपरिच्छेदाः क्षुद्रवृत्तैः प्रदर्शिताः ।

(द) 'श' इति शीतलननलिकाः—एतासु 'प' इति पम्पेन सम्पीडनं क्रियते । एताश्च शीतले जले तिष्ठन्ति । एतासु नलिकासु अमोनियापदार्थः द्रवावस्थायां तिष्ठति । तदनन्तरं 'व' इत्येका नियन्त्रकः वाल्वः (Regulating valve) संयुक्तो भवति यतः निस्सरणानन्तरमेव अमोनियापदार्थः वाष्पावस्थां प्राप्नोति ।

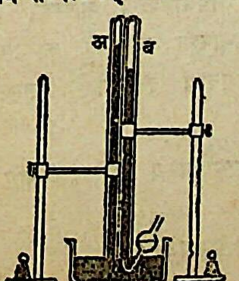
(य) 'द$_1$' तथा 'द$_2$' इति द्रवमापिनौ (Pressure Gauge) : – अनयोः 'द$_1$' इति अनेन वाष्पननलिकानां अल्पं सम्पीडनं 'द$_2$' इति अनेन च शीतलननलिकानां अधिकं सम्पीडनं निर्दिश्येते ।

यन्त्रस्य क्रिया—'प' इति पम्पेन ऐमोनियावाष्पोरि प्रायः १६० पौण्डं यावत् सम्पीडनं प्रयुज्य 'श' इति शीतलननलिकासु सम्पीडनं क्रियते । एतासां नलिकानाम् उपरि सततं शीतलं जलं प्रवहति यतः एताः शीतलाः भवन्ति । इत्थं सम्पीडनाधिक्येन तापाल्पत्वेन च शीतलननलिकासु ऐमोनियापदार्थो द्रवावस्थां प्राप्नोति । अयं द्रवावस्थः ऐमोनियापदार्थः 'व' इति वाल्वतः शनैश्शनैः वाष्पीकरणनलिकासु निस्सार्यते । एतासु सम्पीडनाल्पत्वं भवति । अतएव अयं अतिशीघ्रतया भूयः वाष्पावस्थायां परिवर्तते एतत्परिवर्तनार्थञ्च तेन लवणविलयनात् गूढोष्मा गृह्यते । इत्थं विलयनं प्रायशः १६०° फ० पर्यन्तं शीतायते तस्मिन् निहितं च शुद्धं जलं हिमस्वरूपे घनीभवति । वाष्पननलिकासु वाष्पावस्थायां परिवर्तितः अमोनियापदार्थः भूयः पम्पेन चूष्यते । एतासु नलिकासु च वाष्पीयं सम्पीडनं २४ पौण्डादधिकं न भवति । वाष्पोऽयं पम्पेन पुनः सम्पीड्य शीतलननलिकासु प्रेष्यते । भूयश्च तदेव चक्रं प्रवर्तते ।

६—वाष्पसम्पीडनम् (Vapour Pressure)

एकसेण्टीमीटरदीर्घे एकसेण्टीमीटराद् किञ्चिदूनव्यासवत्यौ द्वौ वातमापकनिर्वर्तिन्यौ नलिके कास्टिकसोडानामकपदार्थेन शोरापदार्थस्य अम्लेन च संशोध्य जलेन प्रक्षाल्य संशोष्य च ते पारदेन पूर्येते पूरणात्पूर्वं पारदं उत्ताप्य आभ्यन्तरिको वायुः निस्सार्यते । पारदद्रोण्यां नलिके आधारदण्डे विपर्यसीकृत्य संयोज्ये यथा ९·४ इति चित्रे प्रदर्शितम् ।

एकस्मिन् वक्रीकृते पिपेटे (चित्रम् ९·५) स्वल्पं जलम् अथवा कश्चिदन्यं द्रवं, यस्य वाष्पीयं सम्पीडनम् उपलभ्यं स्यात्, आपूर्य पिपेटस्य नम्रीभूतं शीर्षं नलिकामुखे



चित्रम् ९-४


चित्रम् ९-५

संयुज्य सावधानतया पिपेटस्य अन्यशीर्षतः आध्मानं कर्तव्यं येन द्रवस्य कतिपयबिन्दवः पारदनलिकायां गच्छेयुः । इमे बिन्दवः पारदे अधिसृत्य ऊर्ध्वं प्रति उद्गमिष्यन्ति ।

यावदेव ते पारदतलं प्राप्स्यन्ति त्वरितमेव अदृश्याः भविष्यन्ति पारदतलञ्च अधः प्रतिगमिष्यति। यदि चेद् इत्थं सततं जलबिन्दूनां प्रेषणं क्रियते तर्हि एका ईदृशी अवस्था उपस्थास्यति यदा द्रवो भूयो न अदृश्यो भविष्यति। अपितु, पारदतले स्थास्यति। दशायामस्यां नलिकाद्वयस्य पारदतलयोः यदन्तरो भवति स माप्यते तर्हि कक्षीये तापे अधिकतमं वाष्पसम्पीडनम् उपलभ्यते।

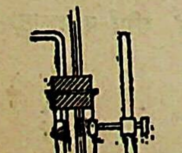
तापवृद्धया अधिकतमवाष्पसम्पीडनमपि वर्द्धते किन्तु कस्मिंश्चिद् एकस्मिन् निश्चिते तापे अधिकतमं वाष्पसम्पीडनं सदा एकसदृशमेव भवति।

(६) कस्यचिद् द्रवस्य क्वथनाङ्कः (Boiling Point of a Liquid)

कस्यचिद् द्रवस्य क्वथनाङ्कः स निश्चितस्तापो भवति यस्मिन् स द्रवः साधारणे वायुसम्पीडने वाष्पावस्थायां परिवर्तते। परन्तु, क्वथनाङ्के कस्यचिद् संतृप्तवाष्पस्य सम्पीडनं वायुसम्पीडनेन तुल्यं भवति। अतएव अस्माभिः वक्तुं शक्यते यत् कस्यचिद् द्रवस्य क्वथनाङ्को स तापो भवति यस्मिन् तस्य द्रवस्य संतृप्तं वाष्पसम्पीडनं वायुसम्पीडनतुल्यं भवति। यदि चेद् अस्माभिरुच्यते यत् सामान्यसम्पीडने जलस्य क्वथनाङ्को १००°श (c) इत्यंशकः स्यात् तर्हि तस्यायमर्थो भवति यत् १००°श (c) इत्यंशे जलस्य संतृप्तं वाष्पसम्पीडनं सामान्यसम्पीडनतुल्यं अर्थात् पारदस्य ७६० मि० मी० इत्यनेन तुल्यम् अस्ति।

प्रयोगद्वारा कस्यचिद् द्रवस्य क्वथनाङ्कम् उपलब्धुं चित्रे प्रदर्शितम् उपकरणं प्रयुज्यते। परीक्षानलिकायां द्रवम् आपूर्य तस्याः मुखे छिद्रद्वययुक्तः कार्कः संयुज्यते। एकस्मिन् छिद्रे तापमापकः अन्यस्मिन् च नलिकैका संयुज्यते यतः द्रवस्य वाष्पो बहिः निस्सरति। परीक्षानलिका शनैः शनैः क्षुद्रवह्निशिखया अथवा एकस्मिन् बीकरे जलम् आपूर्य जलोष्मकं (Water-bath) निर्माय उत्ताप्यते। वह्निशिखाहेतोः द्रवस्य उच्छलनं निवारयितुं तस्मिन् लघुशीशकखण्डाः निःक्षिप्यन्ते। यदि चेत् शुद्धद्रवस्य क्वथनाङ्कः उपलभ्यः स्यात् तर्हि तापमापकस्य कण्डिका द्रवतलोपरि कस्यचित् विलयनस्य च क्वथनाङ्कम् उपलब्धुं कण्डिका विलयनाभ्यन्तरे निधीयते यतः विलयनस्य क्वथनाङ्कोः तस्योर्ध्ववर्तिनः वाष्पस्य तापाद् भिन्नो भवति।

यदा द्रवः क्वथ्यते तर्हि तापमापकस्य तापोऽवलोक्यते। अयमेव द्रवस्य क्वथनाङ्को भवति।



चित्रम् ९-६

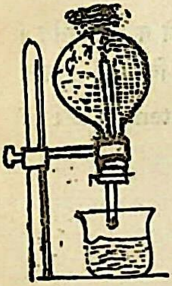
८. क्वथनाङ्के सम्पीडनस्य प्रभावः

यदा किञ्चिद् वस्तु द्रवावस्थातः वाष्पावस्थायां परिवर्त्यते तर्हि तस्यायतनं अनेकगुणितं वर्द्धते। यदि १००°श (c) इत्यंशे १ ग्राम-जलम् उत्ताप्यते तर्हि तस्यायतनं १ घनसेण्टीमीटरात् वर्धित्वा प्रायशः १६५० घनसेण्टीमीटरपरिमितं भवति। अतएव यदि द्रवतले

सम्पीडनम् अधिकं स्यात् तर्हि तत् वाष्पावस्थायां द्रवस्य परिवर्तनं अवरोत्स्यति। वाष्पावस्थायाञ्च तं परिवर्तयितुं अधिकतापं यावत् तस्योत्तापनं आवश्यकं भविष्यति। अतएव अधिकसम्पीडने कस्यचिद् द्रवस्य क्वथनाङ्कोऽधिकः अल्पसम्पीडने चाल्पो भवति।

अधः जलस्य क्वथनम् अस्माभिः निम्नप्रयोगे दर्शयितुं शक्यते।

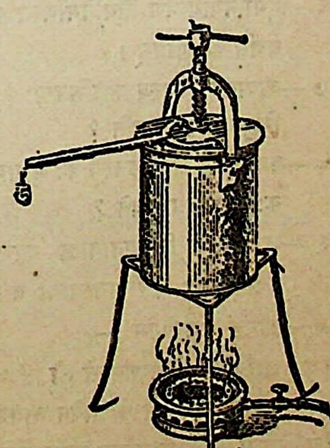
प्रथमं एकगोलतलीयस्य फ्लास्कस्य प्रायोऽर्धभागं जलेन आपूर्य तद् पञ्चमिनटपर्यन्तं प्रचुरं क्वाथ्यते यतः तस्याभ्यन्तरिको वायुः निस्सरेत् तस्य च स्थाने जलवाष्पो पूरितो भवेत्। भूयः प्रज्वालकं (Burner) अपसार्य फ्लास्कस्य मुखं रवरकार्केणैकेन संवार्यम्। फ्लास्कं विपर्यस्य आधारदण्डे दृढीकरणीयम् यथा ९-७ इति चित्रे प्रदर्शितम् तदुपरि च शीतलजलेन आर्द्रीकृतं स्पञ्जं निधेयम्। शीतलजलनिक्षेपणादेव क्वथनारम्भो भविष्यति अत्यल्पतापं यावच्च क्वथनं भविष्यति। प्रयोगेऽस्मिन् यदा जलं निक्षिप्य वाष्पो शीतलीकृतः तर्हि फ्लास्काभ्यन्तरे सम्पीडनं अत्यल्पम् अभूत् अतएव अल्पतापे जलक्वथनम् आरभत।



चित्रम् ९.७

९. पैपिनस्य पाचकयन्त्रः (Papins Digester)

पर्वतेषु वायुसम्पीडनम् अल्पं भवति, अतएव तत्र १००°श (c) इत्यंशकादत्यल्प एव तापे जलक्वथनम् आरभते अतो भोज्यपदार्थाणां पचनम् अशक्यं भवति। काठिन्यस्यास्य निवारणार्थं पैपिनपाचकयन्त्रनामके सुदृढेऽवरुद्धे च पात्रे जलं क्वाथ्यते येन सम्पीडनम् अधिकं भवति जलं च उच्चतापे क्वथते। पात्रेऽस्मिन् एकः सुरक्षावाल्वो (Safety Value) भवति यः वाष्पस्य सम्पीडनेऽधिके जाते उन्मुच्यते पात्रञ्च न विदीर्यते। ९.८ इति चित्रे पैपिनपाचकयन्त्रः प्रदर्शितः। अस्मिन् एकः धातुमय आवरकः कुण्डलितशङ्कुनैकेन दृढीकृतस्तिष्ठति लीवरणैकेन च वाल्वः संवृतो भवति। लीवरस्यास्य भुजे एकः चलनशीलभारो लम्ब्यते यम् अग्रेपश्चाद् वा अपसार्य सुरक्षावाल्वस्य विवृत्यर्थं अपेक्षितं सम्पीडनं निश्चीयते। पाचकयन्त्रे १६ इति वायुमण्डलीयं सम्पीडनम् उत्पाद्य २००°श (c) इत्यंशं यावत् जलं क्वथयितुं शक्यते।



चित्रम् ९.८

१०. क्वथनस्य नियमः (Laws of Boiling)

१—कस्मिंश्चिद् निश्चिते सम्पीडने प्रत्येकद्रवस्य क्वथनाङ्को निश्चितो भवति। किन्तु, सम्पीडनस्य ऊनीकरणाद् वृद्धया वा क्वथनाङ्कोऽल्पोऽधिको वा भवति।

२—यस्मिन् तापे कस्यचिद्द्रवस्य वाष्पसम्पीडनं वायुसम्पीडनतुल्यं भवति तस्मिन्नेव तापे द्रवक्वथनम् आरभते।

३—कस्यचिद् द्रवस्य क्वथनतापः तत्कालपर्यन्तं स्थिरो भवति यावत् स सम्पूर्णद्रवः वाष्पीभूय न विलीयते।

४—यावत् सम्पीडनं स्थिरं भवति तावत् क्वथमानस्य द्रवस्य तापो न परिवर्तते। यदा एकग्रामद्रवः स्वकीये क्वथनाङ्के वाष्पावस्थायां परिवर्तते तर्हि स एकं निश्चितं ऊष्मणः परिमाणम् अपेक्षते यत् तस्य द्रवस्य वाष्पायनीयः गूढ़ोष्मा इति (Latent Heat of Vapourisation) अभिधीयते।

प्रश्नाः

१—निम्नाङ्कितशब्दानां परिभाषा कर्तव्या :-

गलनाङ्कः, हिमांङ्कः, संघननम्।

२—प्रयोगद्वारा कस्यचिद् घनपदार्थस्य गलनाङ्कः कथम् उपलभ्यते। रीतिद्वयं व्याख्येयम्।

३—हिममिश्रणमिति पदेन किं बुध्यते ! अस्माकं दैनिके जीवने तेषां क्वोपयोगः ?

४—वाष्पीभवने क्वथने च को भेदः ? विस्तरेण वर्णनीयः।

५—प्रयोगद्वारा प्रमाणीक्रियतां यत् पार्ष्पीभवनात् शैत्यं जायते। सिद्धान्तस्यास्य उपयोगः केषु कार्येषु क्रियते।

६—ऐमोनियायन्त्रेण हिमनिर्माणस्य कः सिद्धान्तः? चित्रम् आलेख्य तस्य आवश्यकभागानां वर्णनं करणीयम्।

७—वाष्पसम्पीडनस्य कोऽभिप्रायः ? किं द्रवीयसम्पीडनवद् वाष्पसम्पीडनमपि वाष्पीयोच्छ्रित्याश्रितं भवति ?

८—क्वथनाङ्कं सम्पीडनस्य कः प्रभावो भवति ? पर्वतेषु जलस्य क्वथनाङ्कम् अधिकं कर्तुं कः उपायः प्रयुज्यते ?

९—शुद्धद्रवाणां विलयनानाञ्च क्वथनाङ्कः कथम् उपलभ्यते ? प्रथमावस्थायां तापमापकः द्रवाद् बहिः द्वितीयावस्थायां च द्रवाभ्यन्तरे किमर्थं निधेयो भवति !

१०—कारणं वर्णनीयम् :—

(अ) झर्झर्याः जलं उष्णकाले शीतलं भवति।

(ब) मईमासे जूनमासे च तापेन तावदाकुलत्वं न भवति यावत् जुलाईमासे भवति।

(स) ग्रीष्मे व्यजनचालनात् सुखमनुभूयते।

—:०:—

अध्याय : १०

आर्द्रतामितिः (Hygrometry)

१—वायुमण्डले जलीयःवाष्पः

वायुमण्डले जलीयो वाष्पः प्रत्येकस्मिन् तापे संतिष्ठति । सरित्समुद्रसरोवरादीनां तलेभ्यः सर्वदा जलं वाष्पीभूय उद्गच्छति । मेघतुषारादीनां निर्मित्यापि वायुमण्डले जलीयवाष्पस्य सत्ता सिद्धयति । यदि चेद् एकस्मिन् पित्तलमये शीशकमये वा भास्वरे गिलासपात्रे कतिपयहिमखण्डाः निक्षिप्येरन् तर्हि तस्य तले जलविन्दवः घनीभवन्ति । हेतुरयं यद् हिमेन गिलासपात्रं शीतलं भवति गिलासपात्रस्पर्शाच्च तस्य पार्श्ववर्ती वायुरपि शीतलो भवति यतः स्वाभ्यन्तरे तावन्मात्रं जलवाष्पं धारितुं न शक्नोति यावत् साधारणतापे धारितुं समर्थ आसीत् । अतएव गिलासपात्रस्य उपरितले जलीयःवाष्पः विन्दुरूपेण घनीभवति ।

वायुमण्डले यःजलीयः वाष्पः तिष्ठति तस्य अध्ययनम् मापनञ्च. आर्द्रतामितीति नाम्नाभिधीयते ।

२—तुषाराङ्कः (Dew Point)

साधारणतापे वायुमण्डले जलीयवाष्पस्य यत्परिमाणं वर्तते तद् वायोः सन्तृप्त्यर्थं पर्याप्तं न भवति । किन्तु, यदि वायुताप उनीक्रियते तर्हि स्थितिरेका उपस्थास्यति यस्यां तेनैव वाष्पपरिमाणेन वायुः सन्तृप्यते तदग्रे च वायोः यत्किञ्चिच्छीतलीकरणादेव जलीयो वाष्पः सीकररूपेण घनीभवति ।

यस्मिन् तपेवायोः कस्मिश्चिद् आयतने उपस्थितं वाष्परिमाणं तदायतनं सन्तर्पयितु पर्याप्तं भवति स तापः वायोस्तुहिनाङ्क इत्यभिधीयते ।

यदि चेद् वायोः किञ्चिद् आयतनं शनैः शनैः शीतलीक्रियते तर्हि तस्य वाष्पसम्पीडने तावत् किञ्चित् परिवर्तनं न भविष्यति यावद् वायुः वाष्पेन संतृप्तो न भविष्यति । अतएव तुहिनाङ्के संतृप्तं वाष्पसम्पीडनं साधारणतापे वायौ उपस्थितेन वाष्पसम्पीडनेन तुल्यं भवति ।

यदि चेदस्माभिः कथञ्चिद तुहिनाङ्को ज्ञायते तर्हि रैनाल्टीये (Ragnault) विभिन्ने तापे वाष्पसम्पीडनसरिण्याः साहाय्येन तस्मिन् संतृप्तं वाष्पसम्पीडनं परिज्ञातुं शक्यते । तुहिनाङ्के यावन्मात्रं संतृप्तं वाष्पसम्पीडनं भविष्यति साधारणतापे वायावपि तावन्मात्रमेव

असंतृप्तवाष्पस्य सम्पीडनं भविष्यति। अतएव तुहिनाङ्कं विज्ञाय वयं साधारणे तापे वाष्पसम्पीडनम् उपलब्धुं शक्नुमः।

३—आपेक्षिकार्द्रता (Relative Humidity)

यदि चेद् साधारणे तापे वायोः किञ्चिदायतनम् गृहीत्वा तत्रस्था जलसंहतिः ज्ञायते तदनु तदेव समीरायतनं तस्मिन्नेव तापे संतृप्तं कर्तुं यावज्जलवाष्पोऽपेक्ष्यते स विज्ञायते भूयश्च प्रथमा संहति द्वितीयसंहत्या विभज्यते तर्हि आपेक्षिकी आर्द्रता उपलभ्यते।

किन्तु, निष्पत्तिरियं भिन्नरूपेण उपलभ्यते। आपेक्षिकी आर्द्रता च प्रतिशते उपलभ्यते। अतएव भिन्नमिदं १०० इत्यनेन गुणयित्वा फलं प्रतिशते उपलभ्यते।

∴ आपेक्षिकीआर्द्रता

$$= \frac{\text{कस्मिंश्चित्तापे कस्मिंश्चित् समीरायतने जलीयवाष्पमात्रा}}{\text{तस्मिन्नेव तापे तदेव समीरायतनं संतृप्तं कर्तुम् अपेक्षितं जलीयवाष्पपरिमाणम्।}} \times १००$$

४—निरपेक्षार्द्रता (Absolute Humidity)

एकघनमीटरवायौ साधारणे तापे यावद् ग्रामपरिमितस्य जलस्य वाष्पो वर्तते स वायोः निरपेक्षार्द्रता इत्यभिधीयते।

५—शुष्कता आर्द्रता च (Dryness and Dampness)

वायोः शुष्कतायाः आर्द्रताया वा अनुभूतिः न केवलं समीरस्थवाष्पपरिमाणाश्रिता अपितु वायोर् आपेक्षिकार्द्रताश्रिता भवति। ग्रीष्मर्तौ कस्मिंश्चिद् समीरायतने यावान् जलीयः वाष्पो वर्तते तावान् वाष्पः शीतर्तौ तुषारपातकाले न भवति। तथापि अस्माभिः ग्रीष्मकालिको वायुः शीतकालिकवायोरपेक्षया शुष्क इत्यभिधीयते यतः ग्रीष्मर्तौ आपेक्षिकी आर्द्रता शीतकालिकापेक्षिकार्द्रतापेक्षया न्यूना भवति। वायोः शुष्कताया आर्द्रताया वा ज्ञानं वाष्पनक्रमाश्रितं भवति। वाष्पनक्रमश्च वायोः संतृप्तावस्थायाः वर्तमानावस्थायाश्च अन्तरमाश्रयति न केवलं वर्तमानावस्थाम्।

ग्रीष्मे अस्माकं शरीरस्वेदः शीघ्रं शुष्यति यतः वायोरापेक्षिकी आर्द्रता न्यूना भवति। परन्तु वर्षाकाले वायुः वाष्पेण प्रायशः संतृप्तो भवति तस्यापेक्षिकी आर्द्रता च प्रायः एक इत्येतावन्मात्रिका भवति अतएव स्वेदशोषे प्रचुरः कालो अपेक्ष्यते। एतस्मादेव कारणाद् उष्णः शुष्कश्च जलवायुः न तावानसह्यो भवति यावान् असह्यो उष्ण आर्द्रश्च जलवायुः भवति। शुष्कोष्णे जलवायौ स्वेदः शीघ्रं वाष्पीभूय उद्गच्छति अस्माकं शरीरतापश्च वाष्पायनस्य गुप्तोष्मारूपेण बहिः निस्सरति अस्माभिश्च शैत्यमनुभूयते। परन्तु शुष्कार्द्रदिवसेषु स्वेदो न वाष्पायते अतएव अस्माभिः प्रचुरोष्मा अनुभूयते।

वस्त्रशोषसमयोऽपि आपेक्षिकार्द्रताश्रितो भवति न तु निरपेक्षार्द्रताश्रिता।

अन्तरिक्षविज्ञानस्य (Meteorological) वेधशालायां नियमानुसारेण आपेक्षिकी आर्द्रता विज्ञायते यतः तया वर्षायाः सम्भावना ज्ञायते। यदि चेदापेक्षिकी आर्द्रता अधिका स्याद् तर्हि वर्षासम्भावना अधिका भवति तस्याः अल्पत्वे चाल्पा भवति। आरोग्य-

विभागार्थञ्चापि आपेक्षिकार्द्रतायाः परिज्ञानम् आवश्यकं भविति यतः कतिपयरोगाणां कीटाणवः समीरार्द्रत्वे सम्यक्तया वृद्धिं गच्छन्ति किन्तु शुष्कवायौ न वर्धन्ते। सूत्रादीनां निर्माणशालार्थञ्चापि आर्द्रताज्ञानम् आवश्यकं भवति। मुम्बयीप्रदेशे प्रशस्तं वस्त्रं निर्मीयते यतः तत्रस्थे समीरे प्रचुरार्द्रतासत्वात् सूत्रतन्तुः विच्छिन्नो न भवति। इदमेव कारणं लङ्काशायरीयवस्त्राणाम् अपि उत्तमतायाः।

६—शुष्कार्द्रकण्डिकातापमापी (Wet and Dry Bulb thermometers)

उपकरणेनानेन आपेक्षिकी आर्द्रता विज्ञायते। अतएव इदमार्द्रतामापीति नाम्नाभिधीयते। इदं द्वाभ्यां पारदीयतापमापकाभ्यां निर्मितो भवति यौ एकस्मिन् आधारे लम्बितौ भवतः। एतयोरेकस्य तापमापकस्य कण्डिका विवृता भवति किन्तु अन्यस्य तापमापकस्य कण्डिकोपरि मलमलनामकं सूक्ष्मवस्त्रम् आवृतं भवति यत् सर्वदैव जलार्द्रं भवति। तं निरन्तरं आर्द्रीकर्तुं अधोभागे लघुचषके जलं पूरितं भवति। यतः वाष्पीभवनक्रमः वायोरापेक्षिकार्द्रताश्रितो भवति। अतएव यदि वाष्पीभवनक्रमो विज्ञातो भवेत् तर्हि तेन आपेक्षिकार्द्रताया गणना कर्तुं शक्या भवति। यदा कुत्रचित् वाष्पो निर्मीयते तर्हि तत्र शैत्यं प्रादुर्भवति। अतएव यदि वाष्पायनक्रमोऽधिकः स्यात् तर्हि शैत्यमपि प्रचुरं प्रादुर्भवेत्।



चित्रम् १०-१

अस्मिन् आर्द्रतामापिनि आर्द्रकण्डिकायाः धरातले वाष्पो निर्मीयते किन्तु शुष्ककण्डिकातले तन्न भवति। अतएव वाष्पायनक्रमानुसारेण तापमापकद्वयस्य तापयोरन्तरं भवति। प्रायशश्च आर्द्रकण्डिकायाः तापमापकस्य तापोऽल्पो भवति। वायुः यावानेव शुष्को भविष्यति तावच्छीघ्रमेव वाष्पनिर्माणं भविष्यति द्वयोश्च तापयोः तावन्मात्रमेवाधिकम् अन्तरं तुहिनाङ्कश्च अधोवर्ती भविष्यति। यदि चेद् द्वयोस् तापमापकयोस्तापयोर् अल्पमन्तरं स्यात् तर्हि एतस्यार्थो भवति यत् कण्डिकातः अतिविलम्बेन वाष्पो निर्मितो भवति वायोश्च आपेक्षिकी आर्द्रता प्रचुरा अस्ति। अतएव तुहिनाङ्को साधारणतापात् स्वल्पमेवाधो भविष्यति। यदि वायुः जलीयेन वाष्पेन संतृप्तः स्यात् तर्हि वाष्पो सर्वथैव न निर्मीयते तापमापकावुभौ च एकमेव तापं दर्शयतः।

शुष्कार्द्रयोश् च बल्बयोस्तापाभ्यां सारिणीसाहाय्येन आपेक्षिकार्द्रतायाः तुहिनाङ्कस्य च गणना कर्तुं शक्या।

यदा जलीय: वाष्प: विभिन्नास्ववस्थासु द्रवीभूतो भवति तर्हि तेन तुहिन:, तुषार: मेघ: हिमश्च निर्मीयते ।

७—ओसकण: (Dew)

दिवससमये उष्मण: कारणात् जलं वाष्पीभूय उद्गच्छति किन्तु तापाधिक्यसत्त्वात् वाष्पो वायुना सन्तृप्तो न भवति । अतएव वाष्पो न दृश्यते । परन्तु रात्रिकाले यदा तापो ह्रसति जलीयवाष्पेण वायु: सन्तृप्तो भवति तथा च तापस्य अतिशयन्यूनत्वे स जलविन्दुरूपेण हरितपत्रेषु घनीभवति । स एव तुहिन इति नाम्नाभिधीयते । तुहिननिर्माणार्थं निम्नपरिस्थितयोऽनुकूला: भवन्ति ।

(१) स्वच्छाकाश:

आकाशो यदा स्वच्छो भवति तर्हि पृथिव्यां निहितानां वस्तूनां ताप: विकिरणद्वारा आकाशे गच्छति वस्तूनि च शीतलीभवन्ति । यदि चेद् आकाशे मेघा: भवन्ति तर्हि ते पृथिव्या: तापम् अवरोद्धुं कम्बलस्य कार्यं कुर्वन्ति तुहिनश्च न निपतति ।

(२) वायोरप्रवाह:

यदि चेद् वायु: न प्रवहेत् तर्हि कस्यचिदेकस्य स्थानस्य वायु: शीतलवस्तूनां सम्पर्के अधिककालं यावत् स्थास्यति अतएव तस्यार्द्रत्वं शीतलवस्तुषु घनीभविष्यति वायो: प्रवाहात् समग्रवायो: विलोडनं भवति तापश्चाधिनिपतितुं न शक्नोति ।

(३) पृथिव्या: सकाशे उत्कृष्टविकीर्णकपदार्थानां सत्त्वम्

उत्कृष्टा विकीर्णका: शीघ्रं शीतला: भवन्ति । अतएव तेषां स्पर्शात् वायुरपि तुहिनाङ्कादध: पर्यन्तं शीतलो भविष्यति तुहिनश्च घनीभवति ।

८—तुहिन: (Fog)

कदाचित् यदा वायौ प्रचुरम् आर्द्रत्वं भवति तर्हि सायङ्काले अथवा रात्रौ पृथिव्या: किञ्चिदूर्ध्वं यावत् जलीय: वाष्प: क्षुद्रविन्दुरूपेण घनीभवति चतुर्दिक्षु च धूमायित: तुहिन: दृश्यते । शीततौ कदाचित् अतिघन: तुहिन: निष्पतति यत: अतिदूरं यावत् वायुमण्डले जलस्य क्षुद्रविन्दव: घनीभवन्ति । सूर्योदयात् किञ्चित्कालानन्तरं इमे विन्दव: तापात् वाष्पीभूय उद्गच्छन्ति आकाशश्च स्वच्छो भवति ।

तुहिननिपाते विशालनगरस्थयन्त्रालयनां धूम: वायुकणाश्च प्रचुरं साहाय्यं कुर्वन्ति । तेषु जलवाष्प: स्त्यायते ।

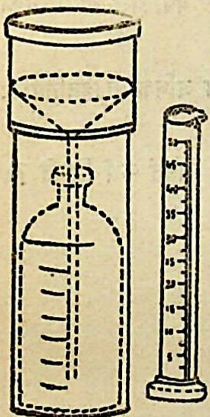
९—मेघ: वर्षा च

येषु स्थानेषु वायुसम्पीडनम् अल्पं भवति तत्रस्थो वायु: अधोभागाद् ऊर्ध्वं प्रति उद्गच्छति । ऊर्ध्वगमनेन वायुरयं अल्पसम्पीडनस्थाने गच्छति अतएव प्रसरति । प्रसरणेन शीतलवायुसम्पर्कात् समीरोऽयं शीतलो भवति । तापो यदा निपत्य तुहिनाङ्कं प्राप्नोति तर्हि इमे जलविन्दव: शीनत्वं प्रारभन्ते । किन्तु इदानीम् इमे एतावच्छुद्रा: भवन्ति यत् दृष्टिपथं न सामायान्ति ऊर्ध्वगामी वायु: तान् क्षुद्रविन्दून् उद्वहति ते च आकाशम्

आरोहन्ति । किञ्चिदूर्ध्वगमनात् तेषामाकारो वर्द्धते एकस्याञ्चोच्छ्रित्यां ते विरमन्ति । तदनन्तरं तेषामाकारः भूयो वर्द्धते तर्हि ते वर्षारूपेण वर्षन्ति । यदा जलीयः वाष्पः ०° श (c) इत्यंशकादधोवर्तिनि तापे वायुमण्डलस्य ऊर्द्धवर्तिषु भागेषु स्त्यायते तर्हि स हिमरूपं गृह्णाति यदि च उष्णवायुना न विद्राव्यते तर्हि हिमरूपेणैव पृथिव्यां निपतनं प्रारम्भते ।

१०. वृष्टिमापी (Rain Gauge)

वर्षामापनार्थं यः यन्त्रो प्रयुज्यते स वृष्टिमापीति नाम्नाभिधीयते । स एकस्मिन् बोतले निहितेन कीपेन निर्मीयते । यथा चित्रे प्रदर्शितम् । बोतलः कीपश्चोभौ एकस्मिन् कुप्पके निहितौ स्तः यस्य व्यासश्च १२.५ सेण्टीमीटरपरिमितो भवति । कुप्पकस्य उपरिस्थ आवरकोऽपि कीपाकारको भवति । तस्मिन् सुषिरमेकं वर्तते । वृष्टिमापी गृहपटले अथवा विस्तृतक्षेत्रे स्थाप्यते येन् तस्मिन् वर्षाजलं निरवाधं गन्तुं शक्नोति । वर्षानन्तरं बोतले एकत्रितं जलं मापन-गिलासे निधाय सेण्टीमीटरस्य दशमभागपर्यन्तं माप्यते ।



चित्रम् १०-२

एकसेण्टीमीटरवर्षाया अर्थोऽयं यत् यदि जलं वाष्पीभूय न उद्गच्छेत् न च पृथिव्यां शुष्येत् अपितु एकसदृशे तले यथावत् पूरितं भवेत् तर्हि तस्योच्छ्रितिः एकसेण्टीमीटर परिमिता स्यात् ।

११—हिमः

कदाचिज्जलीयो वाष्पः ०° श (c) इत्यंशादपि अधः शीतलो भवति तर्हि स हिमस्य क्षुद्रकणरूपेण घनीभूय निपतति । प्रचुरकणाः मिलित्वा हिमसंघाताः भवन्ति पृथिव्याञ्च तूलवद् एकत्रीभवन्ति ।

१२—तुषारः

यदा जलीयः वाष्पः ०° श (c) इत्यंशादधः शीतलो भूत्वा अनेकवारं ऊर्ध्वाधः गच्छति तर्हि तुषारो निर्मीयते । ततः विभिन्नाकारकाः वृहल्लघुप्रकारकाः सघाताः निर्मीयन्ते ।

प्रश्नाः

१—आपेक्षिकार्द्रतायाः परिभाषा कर्त्तव्या । किं भवन्मते वायोः शुष्कत्वं आर्द्रत्वं वा समीरस्थे जलपरिमाणे निर्भरोऽस्ति । विस्तरेण वर्णनं कर्त्तव्यम् ।

२—कस्यचिद् आर्द्रतामापिनः वर्णनं कर्त्तव्यं तस्य क्रिया चापि वर्णनीया। यन्त्रस्यास्य साहाय्येन ऋतुविषयकं भविष्यत्कथनं कथं क्रियते ।

३—कारणं वोधयितव्यम् :—

(१) यदा वायौ हिमखण्डः अपावृत्य निधीयते तर्हि तस्याभितः धूमसदृशः पदार्थ उद्गच्छति ।

(२) यस्यां रात्रौ मेघाः भवन्ति तस्यां तुहिननिपातो न भवति ।

(३) धूम्रायितेषु नगरेषु प्रायशः तुहिननिपातो भवति ।

(४) ग्रीष्मकालिकाद् ऊष्मापेक्षया वर्षाकालिकोष्मा अधिकासह्या भवति ।

(५) यदि चेद् एकस्मिन् शीशकगिलासे हिमः सम्पूर्य निधाप्यते तर्हि तस्याभितः बाह्यतले जलशीकराः एकत्रीभवन्ति ।

(६) शीतर्त्तौ वर्षापेक्षया वस्त्राणि शीघ्रं शुष्यन्ति, यद्यपि वर्षाकाले तापोऽधिको भवति । किमर्थम् ?

४—तुहिननिर्माणं कथं भवति ? कतिपयवस्तुषु अल्पः कतिपयेषु च अधिकः तुहिननिपातः किमर्थं भवति ?

५—वर्षामापनयन्त्रस्य वर्णनं कर्त्तव्यम् । कस्यचिद् स्थानस्य वर्षायाः मापनं कथं क्रियते ?

—:०:—

अध्याय : ११

ऊष्मणः सञ्चारः

१—ऊष्मणः सञ्चारस्य विधित्रयम्

यदि कश्चिद् अध्यापकः स्वकक्षायाः छात्रेषु प्रलेखपुस्तिकावितरणम् करोति तर्हि तेनेदं प्रकारत्रयेण कर्त्तुं शक्यते ।

(अ) प्रथमप्रकारे स स्वसमीपवर्तिनः बालकस्य सम्पूर्णप्रलेखपुस्तिका प्रयच्छति । स बालकः ततः स्वकीयां पुस्तिकाम् आदाय अवशिष्टाः प्रलेखपुस्तिकाः द्वितीयस्य बालकस्य ददाति । एवमेव द्वितीयो तृतीयस्य तृतीयो चतुर्थस्य च प्रयच्छति । इत्थं सम्पूर्णाः पुस्तिकाः समग्रछात्रेषु वितरिताः भवन्ति । कोऽपि छात्रः स्वस्थानात् न उत्तिष्ठति ।

(ब) विधिरन्या चेयं यद् क्रमशः एकैको बालकः अध्यापकसमीपे आगच्छति स्वपुस्तिकाञ्चादाय गच्छति । यदि चेद् आगन्तुकाश्छात्राः पंक्तिबद्धभावेन आगमनं कुर्वन्ति पुस्तिकाञ्चादाय गच्छन्ति तर्हि गतागतानां बालकानां मण्डलमेकं निर्मीयते । अस्मिन् विधौ प्रत्येकः बालः स्वस्थानाद् उत्थाय अध्यापकसकाशे गच्छति भूयश्च पुस्तिकामादाय मार्गान्तरेण प्रत्यागच्छति ।

(स) पुस्तिकावितरणस्य तृतीयविधौ स्वकीयासनासीन एव अध्यापकः स्वस्थानात् पुस्तिकाः प्रक्षिप्य छात्रसकाशे ताः प्रापयति ।

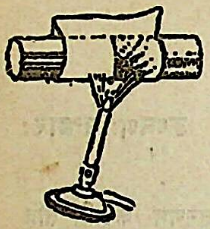
उपर्युक्तविधित्रयवदेव ऊष्मणः सञ्चारस्य त्रिविधाः विधयो भवन्ति । ते क्रमशः चालनं (Conduction) संवहनं (Convection) विकिरिणञ्च (Radiation) इति नामभिरीभधीयन्ते ।

चालनम्—

चालनप्रक्रियायां कस्यचिद्वस्तुनः शीर्षमेकम् यदा अग्नौ निधीयते तर्हि ऊष्मा शीतलभागं प्रति गच्छति शनैश्शनैश्च शीर्षमन्यं प्राप्नोति । अस्यां प्रक्रियायां वस्तुनः ये कणाः प्रथमम् ऊष्णाः भवन्ति ते स्वसमीपवर्तिभ्यः कणेभ्यः स्वकीयोष्माणं प्रयच्छन्ति । इत्थं वस्तुनः कोऽपि कणः स्वस्थानात् न अपसरति, किन्तु ऊष्मा सर्वेषां कणानां सकाशे गच्छति । सर्वे धातवः अन्ये च घनपदार्थाः इत्थमेव तप्यन्ते ।

३—ऊष्मणः सुचालको कुचालकश्च

कतिपयेषु वस्तुषु ऊष्मणः चालनं सारल्येन सम्पद्यते कतिपयेषु अतिकाठिन्येन भवति । प्रायशः समस्तेषु धातुषु ऊष्मणः चालनं सौकर्येण भवति अतस्ते ऊष्मणः सुचालका इत्यभिधीयन्ते । किन्तु, काष्ठे, शीशके, चीनीमृत्तिकादिषु ऊष्मा सौकर्येण प्रसरितुं न



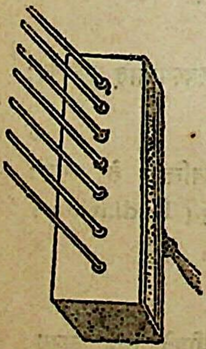
शक्नोति अतस्ते ऊष्मणः कुचालका इत्यभिधीयन्ते ।

(अ) प्रयोगेण काष्ठस्य पित्तलस्य च चालकतायाः तुलना कर्त्तुं शक्या । एतदर्थं एको दण्डकः गृह्यते यस्यार्धं पित्तलेन अर्धञ्चकाष्ठेन निर्मितं भवति । कर्गदमेकं दण्डक आवृत्य स दण्डकः अग्निशिखोपरि पुरः पश्चभागे च चाल्यते । ततः काष्ठमये भागे आवृतः कर्गदः वह्निप्लुष्टो भवति पित्तलमये च भागे संवेष्ठितः कर्गदः न दह्यते ।

११-१

अस्य कारणमिदं यत् पित्तलः ऊष्मणः सुचालकः अस्ति । यावदेव तस्मिन् ऊष्मा सङ्क्राम्यते तेन समग्रदण्डके तदूष्मा प्रसार्यते । अतएव तस्य तापो तावानधिको न भवति येन कर्गदः प्लुष्टो भवेत् । एतद्विपरीतं यः तापः काष्ठे सङ्क्राम्यते स स्वल्पे स्थाने सीमितो भवति । काष्ठम् ऊष्मणः कुचालकम् अस्ति अतस्तस्मिन् तापः एकस्माद् स्थानात् स्थानान्तरं गन्तुं न शक्नोति । अतएव तस्य तापोऽधिकायते कर्गदश्च प्लुष्टो भवति ।

(ब) विभिन्नवस्तूनां चालकतापि विभिन्ना भवति । एताम् प्रदर्शयितुं इञ्जनहौजस्य (Ingen-Hosz) उपकरणं प्रयुज्यते । अस्मिन् एकसदृशदैर्घ्यव्यासयुक्ताः विभिन्न-धातुमयाः दण्डकाः द्रावकेणोपलिप्यन्ते तेषु च कार्काणि संयुज्यन्ते । तदनु एकस्मिन् टिनमये आयताकारे संपुटके ते दण्डका संयुज्यन्ते । एतद्विषयकञ्च अवधानं क्रियते यत् दण्डकानां समानं दैर्घ्यं सपुटकाद् वहिस्तिष्ठेत् । तदनु क्वथमानं जलं टिननिर्मिते संपुटके पूर्यते येन दण्डकानां शीर्षाणि जले निमज्ज्येरन् । प्रत्येकस्मिन् दण्डके चालनद्वारा ऊष्मणः सञ्चारो भवति येन द्रावको द्रवति परन्तु विभिन्नधातुमयेषु दण्डकेषु न्यूनाधिकदूरं यावत् द्रावको द्रवति यतः सिद्धयति यत् तेषाम् चालकता विभिन्ना अस्ति ।



११-२

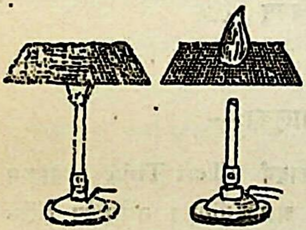
४—दैनकजीवने ऊष्मणः कुचालकानां सुचालकानाञ्चोपयोगः

स्वकीये दैनिकव्यापारे बहुषु स्थानेषु अस्माभिः कुचालकानां प्रयोगः क्रियते । अङ्गारकाधारे काष्ठहस्तको युज्यते । यन्त्रे अङ्गारकक्षेपकस्य पश्चभागे काष्ठहस्तको युज्यते । कस्यचिद् वस्तुन औष्ण्यं स्थिरीकर्त्तुं ऊर्णा तत्सदृशोऽन्यो वा पदार्थः प्रयुज्यते । हिमवाहके याने कार्कस्य स्थूलाच्छादनम् अभितः प्रयुज्यते यतः वहिः स्थितेन तापेन हिमो न द्रवेत् । जलीयः हिमः काष्ठचूर्णेन कम्बलेन च आवृत्य स्थाप्यते । ऊर्णमयत्वात् कम्बलः कुचालको भवति. तस्मिन् पूरितो वायुश्चापि कुचालको भवति । अतएव तेन ऊष्मणो बाह्यभागात् प्रवेशावकाशो न दीयते ।

तनुकर्गदपात्रे जलस्य क्वाथनेनापि कर्गदो न दह्यते। कारणञ्चास्येदं यत् जलीयः तापः १००° श (c) इत्यंशाद् ऊर्द्धं गन्तुं न शक्नोति यदि च कर्गदः तनुः स्यात् तर्हि बाह्ये तले प्रयुज्यमानः तापः अतिशीघ्रं जले सङ्क्रामति तलीयश्चापि तापः १००° श (c) इत्यंशाद् ऊर्ध्वं न गच्छति अतएव स न दह्यते। यदि चेद् तनुकर्गदस्थाने स्थूलकर्गदस्य प्रयोगः क्रियेत तर्हि स्थौल्याधिक्यात् तस्य बाह्यतलीयः तापोऽधिको भविष्यति अतः तस्य दाहो भविष्यति।

डेवीमहोदयस्य निरापदः दीपः (Davy's Safety Lamp)

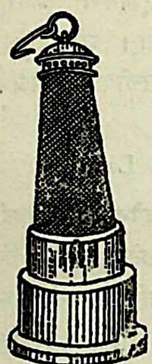
ताम्रस्य चालकताधिक्यस्य उपयोगः डेवीमहोदयेन निरापददीपनिर्माणे कृतः। वैद्युत्कण्डिकायाः आविष्कारात् पूर्वं अङ्गारकाकरेषु लालटेनैः प्रकाशः क्रियते स्म। अतएव यदा कदाचित् ज्वलनशीलः वाष्पकः लालटेनसकाशे आगमिष्यत् तर्हि तस्मिन् वह्निसन्दीपनम् अभविष्यत् अतो विस्फोटे च सति मानवाः मृताः अभविष्यन्। डेवीहोदयः तात्कालिकः प्रसिद्धो वैज्ञानिक आसीत्। तेन काठिन्यस्यास्य उपाय आविष्कृतः। एकस्मिन् साधारणलालटेने शीशकस्थाने ताम्रजालिकां संयुज्य डेवीमहोदयस्य निरापददीपो निर्मितः। अस्य सिद्धान्तम् अवगन्तुं एका ताम्रजालिका ग्राह्या यस्याः तारविन्यासः स्वल्पावकाशयुक्तो भवेत्। सा एकस्मिन् त्रिपादाधारे संस्थाप्या। जालिकाया अधोभागे एकः वाष्पकीयः प्रज्वालकः इत्थं निधीयते यत् प्रज्वलन्तो शिखा जालिकया तुल्यभागद्वये विभक्ता स्यात्। ततः जालिकाम् उत्थाप्य प्रज्वालकः सन्दीपनीयः भूयश्च जालिका त्रिपादिकाधारे निधातव्या तर्हि शिखा जालिकाया अधोभागे स्थास्यति (चित्र अ)। भूयो वाष्पकं निर्वाप्य जालिका शीतलीकरणीया। यदा जालिका शीतला भवेत् तर्हि वाष्पको प्रज्वाल्यः जालिकोद्र्ध्वे च शिखा सन्दीपनीया। इदानीं शिखा जालिकोर्ध्वभागे एव ज्वलिष्यति (चित्रम् ब) तदधोभागे न गमिष्यति। शिखायाः भागादेकस्माद् अन्यं प्रति गमनाभावस्य कारणमिदं यद् अवस्थाद्वये एव चालनद्वारा ऊष्मा एतावच्छीघ्रं जालिकातः प्रसृत्य अभितो गच्छति यत् शिखायाः अपरस्मिन् भागे ज्वलनशीलस्य वाष्पकस्य तापः प्रज्वलनाङ्कं (Ignition Point) न प्राप्नोति।



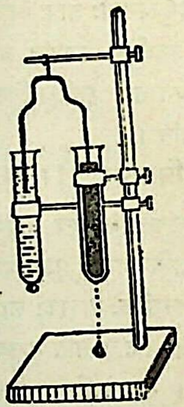
(अ) चित्रम् ११.३ (ब)

डेवीमहोदयस्य निरापददीपस्य शिखाया अभितः स्थूलतारजालिका सन्निविष्टा भवति या याथार्थ्येन शिखोद्र्ध्वभागे द्विगुणिता तिष्ठति। यदि चेद् दीपकः एतादृशे वायुमण्डले निधीयते यत्र स्वल्पं मीथेनं (Methane or Fire Damp) स्यात् तर्हि शिखोपरि एकं नीलावरणं दृश्यते। यदि मीथेनम् अधिकं स्यात् तर्हि सम्पूर्णा जालिका शिखया पूर्यते जनाः विस्फोटकवाष्पकस्य उपस्थित्याः सूचनां प्राप्नुवन्ति। सम्प्रति आकरेषु दीपकोऽयं

प्रकाशार्थं न प्रयुज्यते यतः वैद्युतप्रकाशोऽधिकः सुविधाजनको भवति । परन्तु, दीपकस्यास्य उपयोगः वाष्पकं कार्बनडायाक्सायिडं च सूचयितुं क्रियते ।



चित्रम् ११.४



चित्रम् ११.५

६—द्रवाणाम् ऊष्माचालकता—

(अ) पारदातिरिक्तं सर्वे द्रवाः ऊष्मणः कुचालकाः—

पारदस्य सुचालकत्वं प्रमाणीकर्तुं परीक्षणनलिकाद्वयं (Test Tubes) ग्राह्यम् नलिकयोर्द्वयोश्च तलप्रदेशे द्रावकेन एकैका काष्ठगुलिका आसञ्जनीया । नलिकैका जलेन अन्या च पारदेन पूरणीया । ११.५ इतिचित्रवद् एकः स्थूलतारः नम्रीकृत्य तावद् उत्ताप्यः यावद् स रक्तो भवेत् । तदनु स परीक्षणनलिकयोः इत्थं निमज्ज्यते यत् तस्य शीर्षमेकं जलनलिकायां अन्यच्च पारदनलिकायां निमज्जेत् । तर्हि किञ्चित्कालोपरान्ते पारदनलिकाया अधोभागे संसक्ता गुलिका निपतिष्यति किन्तु, जलनलिकायाः तले संसक्ता गुटिका न निपतिष्यति ।

(ब) जलीया कुचालकता प्रयोगान्तरेणापि साध्या :—

हिमशकलमेकं ताम्रजालिकायां निधाय तावद् गुरु करणीयं यत् तदुदके निमज्जेत् । एकस्याः परीक्षणनलिकायाः $\frac{3}{4}$ इति भागो जलेन आपूर्य तस्मिन् जालिकया सह हिमशकलं निक्षेप्यम् जलस्योर्ध्वं तलञ्च उत्ताप्यम् । ऊर्ध्वतले उदकं क्वथ्यते किन्तु हिमो न द्रवति । अनेन सिद्ध्यति यत् जलम् ऊष्मणः कुचालकमस्तीति ।



चित्रम् ११.६

७—वातकानाम् ऊष्मावालकत्वम्

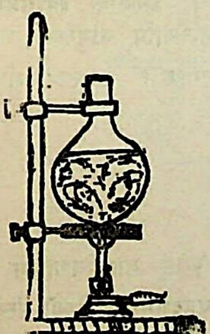
वातकः ऊष्मणोऽत्यधिकः कुचालकोऽस्ति। यदि चेद् अस्माभिरेक उत्तप्तः रक्तिमः लौहखण्डः वायौ ध्रियेत तदधोभागे च किञ्चिद्दूरे स्वकीयः करः स्थाप्यते तर्हि हस्तेन ऊष्मा नानुभूयते। परन्तु यदि तावद्दूरे एव लौहखण्डे करः स्थाप्यते तर्हि हस्तो दह्यते। यदि चेद् वायुः ऊष्मणः सुचालको भवेत् तर्हि चालनद्वारा तापः अधोभागेऽपि प्रसरेत्।

उच्चपटलयुक्तेषु गृहेषु ग्रीष्मर्तौ तापो नानुभूयते। (किमर्थम् ?)

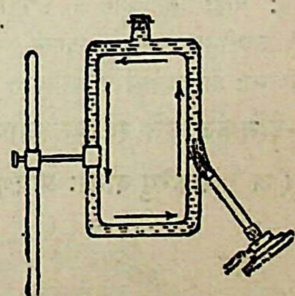
वायोरूष्माचालकत्वं ताम्रीयचालकतायाः $\frac{1}{२००}$ इति भागोऽस्ति। अस्मादेव हेतोः ऊर्णया निर्मितेषु वस्त्रेषु पूरितो वायुः तानि वस्त्राणि ऊष्मणोऽधिककुचालकानि करोति। औदीच्यध्रुवसमीपवर्तिनाम् देशानां निवासिभिः हिमगृहाणि निर्मीयन्ते। हिमस्य आवरणद्वयमध्ये अनिलावरणाय स्थानं मुच्यते। वायुः ऊष्मणः कुचालकमस्तीति। अतो तेन आगारीयः तापः बहिः निष्क्रमणाद् अवरुध्यते। वातानुकूलितकक्षेष्वपि कुड्यानि अन्तश्शून्यानि क्रियन्ते।

८—संवहनम् (Convection)

संवहने वस्तूनां कणाः स्वयमेव शिखासमीपं आगच्छन्ति ततश्च तापमादाय गच्छन्ति। इत्थं शीतलकणानां आगमनेन तप्तकणानां गमनेन च एको वलयः निर्मीयते यः संवहनधारा (Convection current) इति नाम्नाभिधीयते।



चित्रम् ११.७



चित्रम् ११.८

गोलतलीयमेकं फ्लास्कं जलेन आपूर्य तत्र कूपे प्रयुज्यमानस्य रक्तौषधस्य कणचतुष्टयं निक्षेप्यम्। तदनु जलम् अधस्तलाद् उत्ताप्यम्। तर्हि रक्तवर्णः प्रथमं अधस्तलाद् ऊर्ध्वम् उत्पतिष्यति तदनन्तरं चित्रे प्रदर्शितरीत्या घूर्णनं कुर्वन् अधोभागं प्राप्स्यति। स्वल्पकालं यावत् ताः संवहनधाराः सम्यक्तया दृश्यन्ते किन्तु तदनन्तरं सम्पूर्णं जलं रक्तं भविष्यति यस्मिन् तासां धाराणां साक्षात्कारो न भविष्यति।

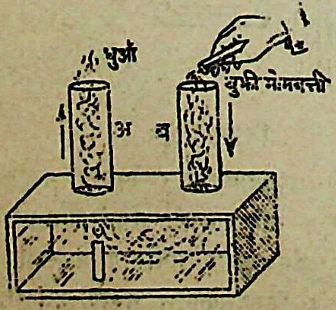
११.८ इति चित्रे प्रदर्शितेनोपकरणेनापि संवहनधाराणां निर्मितिः प्रदर्शयितुं शक्या। शीशकस्य आयताकारनलिकायां जलं संपूर्य तस्मिन् सूक्ष्मतया सम्पिष्टम् अङ्गारकं निक्षिप्यते। तस्यैका भुजा उत्ताप्यते तर्हि अङ्गारककणाः वाणदिशि घूर्णनं कुर्वन्तः दृश्यन्ते।

संवहनक्रिया वायौ अपि सारल्येन द्रष्टुं शक्यते। द्रावकर्वात्तिकायाः भागार्द्धं विच्छिद्य एकस्यां शीशकद्रोण्यां संस्थाप्यम् तदनु द्रोण्यां प्रायशः सेण्टीमीटरद्वयं यावत् जलम् आपूर्य द्रावकवर्तिका च सन्दीपनीया। सन्दीपितद्रावकर्वात्तिकोपरि शीशकप्रावरणमेकं निधीयते ततः स्वल्पकालानन्तरं वर्तिका शाम्यति। तदनु T इत्याकारकं पट्ट-शकलं ग्राह्यं यत् प्रावरणे दैर्घ्यार्धं यावत् व्याप्नुयात् द्रावकर्वात्तिकां च सन्दीप्य तदुपरि प्रावरणं निधाप्यम्। यदा वर्तिका निर्वाणोन्मुखा प्रतीयेत् तदा तन्मुखे शीघ्रमेव पट्ट-शकलं प्रक्षेप्यम्। त्वरितमेव द्रावकवर्तिका तीव्रा भविष्यति सततं च प्रज्वलिष्यति। यदि चेद् एकं धूमोद्गारि काष्ठशकलं प्रावारकमुखसमीपे एकस्मिन् पार्श्वे नीयते तर्हि एक-पार्श्वतः धूम्रः प्रावारकस्य आभ्यन्तरे पार्श्वान्तराच्च बहिः गतिं करोति। पट्टप्रयोगात् प्रावारके मार्गद्वयं जायते। तत्रैकतो वायुः अभ्यन्तरे प्रविशति अन्यतश्च उष्णो वायुः बहिः निर्गच्छति। पट्टप्रयोगात्पूर्वं केवलमेक एव मार्गः आसीत् येन आगमनोन्मुखः निर्गम-नोन्मुखश्च द्वौ वायू अन्योन्यस्य मार्गावरोधम् अकुरुताम्।

प्रयोगस्यास्य साहाय्येन अस्माभिः सम्यक्तया अवगन्तुं शक्यं यत् लालटेनदीपके ऊर्ध्वे अधोभागे च छिद्राणि किमर्थं भवन्ति सुव्यवस्थितागारेषु च द्वाराणि वातायनानि चातिरिच्य गवाक्षाः (Vertilation) किमर्थं निर्मीयन्ते। अस्माकं श्वासप्रश्वासेन यो वायुः बहिः निर्गच्छति स उष्णो भवति शरीरस्पर्शाच्चापि वायुरुष्णो भवति। वायुरयं लघ्वीभूय उपरि उद्गत्य गवाक्षेभ्यः बहिः निर्गच्छति सद्यस्कः शीतलश्च वायुः द्वारेभ्यः वातायनेभ्यश्च प्रविशति।

९—दैनिकजीवने संवहनस्योपयोगः—

(अ) आकरेषु वायोः प्रापणम्:—



चित्रम् ११.१०

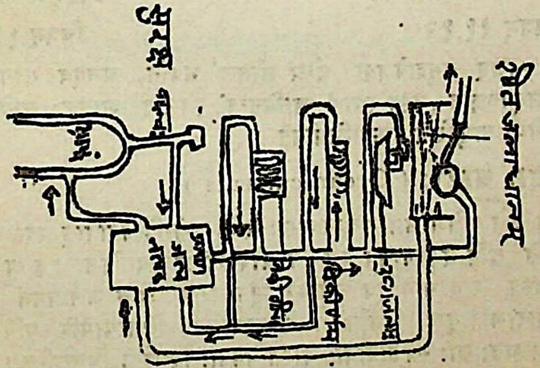
अङ्गारकादीनां आकरेषु वायुप्रेषणार्थम् अभि-मुखीनयोः पार्श्वयोः वृहद्धूमोद्गारिण्यौ संस्थाप्येते तयोश्च कस्याञ्चिदेकस्यां वह्निः प्रज्वाल्यते। अग्निज्वलनेन वायुः लघ्वीभूय धूमोद्गारिणीतः बहिः निस्सरति धूमोद्गारिण्या अधोभागाच्च शुद्धो वायुः प्रविशति। आकरेषु वायोः प्रवेशनिर्गमनप्रबन्धः ११.१० इति चित्रे प्रदर्शि-तेनोपकरणेन दर्शयितुं शक्यः। एकां काष्ठमञ्जू-षामादाय तस्याभिमुखीनयोः कुड्ययोः एकैकं

शीशकपटलं संयुज्यते तस्योर्ध्वतले च पार्श्वयोरुभयो सुषिरद्वयं कृत्वा तदुपरि 'अ' इति 'ब' इति धूमोग्दारिणीद्वयमारोप्यते। एकस्या धूमोद्गारिण्या अधोभागे एका सन्दीपिता द्रावकवर्त्तिका निधीयते। एकः धूम्रायितः काष्ठखण्डः दक्षिणपार्श्वस्थायाः धूमोद्गारिण्याः सकाशे आनीयते तर्हि धूम्रः अभ्यन्तरे प्रविश्य वामपार्श्वस्थितायाः धूमोद्गारिण्याः बहिः निस्सरन् दृश्यते।

(ब) विशालोद्योगागारेषु उत्तुङ्गधूमोद्गारकाणां प्रयोगः

साधारणदीपकेषु अथवा बृहदुद्योगागारेषु धूमोद्गाराणां संयोजनात् संवहनधाराः सम्यक्तया निर्वर्त्यन्ते। धूम्रः उष्णो वायुश्च लाघवात् धूमोद्गारके ऊर्ध्वं गच्छतः अधोभागाच्च साद्यस्कः शीतलो वायुः तयोः स्थानम् अधिगन्तुं प्रविशति। धूमोद्गारकस्य चूपणप्रभावः (Suction effect) बहिःस्थितस्य आभ्यन्तरिकस्य च समीरयोः घनत्वान्तरे निर्भरायते। धूमोद्गारिणी यावत्यधिका दीर्घा स्यात् तावदेवाधिकमिदम् अन्तरं भविष्यति। अतएव चूपण-प्रभावोऽपि अधिको भविष्यति। अस्मादेव कारणात् उद्योगागाराणां धूमोद्गारिण्यः दीर्घाः भवन्ति। किन्तु, दैर्ध्यं तावदधिकं न स्यात् यत् ततः निर्गच्छन् वायुः शीतलो भवेत्। यतः तदवस्थायां शीतलो वायुः अधोभागे स्थातुं प्रारभते चूषणप्रभावश्च सुष्ठु न भवति। अतएव धूमोद्गारिण्याः दैर्ध्यं तावन्मात्रं स्यात् यत् तदन्तरे प्रवेशकारी वायुः ऊर्ध्वं यावत् उष्णो भवेत्। धूमोद्गारिणी अधिकविस्तृता न स्यात् यतः तस्याः विस्तृत्या तस्या आभ्यन्तरे एव संवहनधाराः गतिं प्रारभन्ते चूषणप्रभावश्च सुष्ठु न भवति।

(स) जलेन कक्षाणाम् उष्णीकरणम्—



चित्रम् ११·११

शीतदेशेषु प्रकोष्ठान् उष्णीकर्त्तुं प्रकोष्ठेषु नलिकाद्वारा उष्णजलं प्रेष्यते। उष्णीकरणार्थम् अपेक्षितः सम्पूर्णः प्रबन्धः ११–११ इति चित्रे प्रदर्शितः। एकस्मिन् क्वाथनके (Boiler) अधः जलं तप्यते। तप्यमानत्वात् जलं लघु भूत्वा एकस्यां नलिकायाम् ऊर्ध्वं गच्छति प्रत्येकस्य कक्षस्य च विकिरणनलिकासु (Radiating coils) सरति यतः विकिरणद्वारा औष्ण्यं सम्पूर्णप्रकोष्ठे प्रसरति। तापविसर्जनानन्तरं जलं शीतलं गुरु च भवति। तत एकस्याम् अन्यनलिकायां संसृत्य अधोऽधो चलित्वा पुनः क्वाथनके समुपैति यतो भूय उष्णीभूय पूर्ववत् प्रकोष्ठान् उष्णीकर्तुं प्रेष्यते।

१०—प्रकृत्यां संवहनधारा : (Convection currents in Nature)

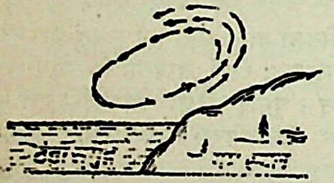
१–वाणिज्यीयो वायु : (Trade Winds)

आदित्यतापात् भूमध्यरेखास्थितो वायुः उष्णीभूय ऊर्ध्वम् उद्गच्छति तर्हि तस्य स्थानम् अधिगन्तुं उत्तरदिशः दक्षिणदिशश्च वायू आगच्छतः। परन्तु, पृथिव्याः दैनिक-गतिकारणात् तयोः समीरयोः दिग् उत्तरपूर्वा दक्षिणपूर्वा च भवति। अतः तौ उत्तरपूर्वीयः दक्षिणपूर्वीयश्च वाणिज्यीयौ वायू इति नामभ्याम् अभिधीयेते।

२–सामुद्रः भौमश्च वायु : (Sea Breeze and Land Breeze)

दिवाकाले भास्करतापात् समुद्रापेक्षया स्थलम् अधिकोष्णं भवति तर्हि स्थलीयो वायुः उष्णीभूय ऊर्ध्वम् उद्गच्छति। तस्य स्थानम् अधिगन्तुं सागरतः शीतलो वायुः प्रवहति।

ईदृश्यः संवहनधाराः सामुद्रः वायुरिति अभिधानं लभन्ते।



शीतसमुद्रः उष्णस्थलम्

चित्रम् ११.१२



उष्णसमुद्रः शीतस्थलम्

चित्रम् ११.१३

रात्रिकाले स्थलम् समुद्रापेक्षया शीघ्रं शीतलं भवति, अतएव सागरतलात् उष्णो वायुः ऊर्ध्वम् उद्गच्छति तस्य स्थानं चाधिगन्तुं स्थलात् शीतलः समीरः प्रवहति। वायुश्चायं स्थलीयो वायुरिति नाम्नाभिधीयते।

३–सागरीयाः धाराः (Ocean currents)

इमाः अपि जले गतिशीलाः संवहनधाराः सन्ति। आदित्यतापात् यदा भूमध्यरेखास्थं जलं उष्णं भवति तर्हि तदुष्णीभूय प्रसरति औदीच्यं ध्रुवं दाक्षिणात्यञ्च ध्रुवं प्रति चलनं प्रारभते। समुद्रस्य चाधोभागे एव ध्रुवाभ्यां भूमध्यरेखां प्रति जलागमनं भवति। इत्थं समुद्रेषु संवहनधाराणां वृत्तं निर्मीयते। धाराणामेषां दिशायामपि पृथिव्याः भ्रमणस्य प्रभावो भवति। अतः ताः स्वकीयायाः वास्तविक्याः दिशातो विचलन्ति।

११—विकिरणम् (Radiation)

ऊष्मासञ्चारस्य तृतीयारीतिः, यस्यां ऊष्मा स्थानादेकस्मात् प्रक्षिप्य स्थानमपरं प्रति प्रेष्यते, विकिरणमित्यभिधानं लभते। सूर्यः भूमण्डलात् पञ्चाशदुत्तरैकशतदशकोटि-किलोमीटरदूरे वर्तते तथापि सूर्यतापः निर्वातान्तरिक्षम् प्रतिक्रम्य अस्माकं सन्निधानं प्राप्नोति। अतः सिध्यति यत् विकिरणगत्यर्थं कस्यचित् माध्यमस्य आवश्यकता नास्ति। किन्तु यन्त्रविज्ञानानुसारेण कस्यचिद् वस्तुनः गतिं विना ऊर्जायाः स्थानान्त-रणमसम्भवम्। अतः कल्पितं यत् सम्पूर्णाकाशं ईदृशैनैकेन माध्यमेन परिव्याप्तं यस्य भारः उपेक्षणीयः। किन्तु तेन ऊर्जा स्थानादेकस्मात् अन्यं प्रति नेतुं शक्या। काल्पनिकोऽयं



माध्यमः ईदृशः विरलोऽस्ति यत् स प्रत्येकस्य वस्तुन अरगुष्वपि व्याप्तस्तथा कठिनतमे घनपदार्थेऽपि प्रविष्टः। काल्पनिकश्चायं सर्वव्यापकः माध्यमः ईथरेतिनाम्नाभिहितः। अस्मिन्नेव माध्यमे परिसृत्य ऊष्मा, प्रकाशः कतिपयान्यप्रकारीया ऊर्जा विकिरणरूपेण सूर्यात् पृथ्वीपर्यन्तं गतिं कुर्वन्ति।

१२—ऊष्माविकिरणस्य ज्ञानसाधानानि।

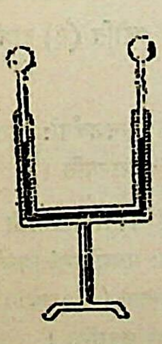
यदि चेद् वातमापकस्यैकस्य (चित्रम् ११.१४) कण्डिका कज्जलेन कृष्णीक्रियते तर्हि तेन वातमापकेन ऊष्माविकिरणस्य सुग्राहकमुपकरणं निर्मीयते। कण्डिकायाः कृष्ण तलं शीघ्रतया ऊष्माणं शोषयति येन कण्डिकान्तःस्थो वायुः उष्णीभूय आयतने वर्धते पारदीये सङ्केतके च आघातं करोति।

चित्रम् ११.१४

भेददर्शकैश्चापि वातमापकैः विकिरणोष्मण उपस्थितिः परिज्ञायते। कण्डिकैका कृष्णीक्रियते अन्या च न कृष्णीक्रियते। कृष्णकण्डिका शीघ्रतया ऊष्माणं शोषयति येन तत्रस्थवायोरायतनं वर्धते पारदतलं च अन्यस्मिन् भुजे आरोहणम् आरभते (चित्रम् ११.१५)।

१३—विभिन्न वस्तूनां परावर्तनक्षमता (Reflecting Power)

अवशोषणक्षमता च (Absorbing Power)



यदा ऊष्मा कस्मिंश्चित्तले निष्पतति तर्हि तस्यं कतिपयांशो परावर्त्यते अवशिष्टश्चांशोऽवशोष्यते। यतः तत्तलस्य तापो वर्धते। विभिन्नानां वस्तूनां कृते परावर्तितस्योष्मणः शोषितस्य च मात्राणाम् अनुपातो भिन्नो भवति। यैः वस्तुभिर् अधिकोष्मा परावर्त्यते अल्पश्चावशोष्यते तानि उत्तमपरावर्तक इति (Good reflector) अधमावशोषक (Bad absorber) इति च नाम्नाभिधीयन्ते। यैः वस्तुभिश्च अल्पोष्मा परावर्त्यते अधिकश्चावशोष्यते तानि अधमपरावर्तक इति उत्तमावशोषक इति च नाम्ना अभिधीयन्ते।

चित्रम् ११.१५

वातमापकानां कण्डिकानाम् उपरि विभिन्नवस्तूनां लेपं कृत्वा ते वातमापकाः आतपे निधातव्याः। १५,२० वा सेकेण्डोपरान्ते तेषां सर्वेषां सङ्केतस्थित्यवलोकनेन ज्ञायते यत् विभिन्नैस् तलैर् अवशोषितोष्मणः मात्राः विभिन्नाः भवन्ति। येन तलेन

स्वोपरि निष्पतनशीलं सम्पूर्णं विकिरणम् अवशोष्यते तत्तु पूर्णकृष्णं (Perfectly black) तलमित्यभिधीयते । दीपककज्जलं प्रायशः पूर्णतया कृष्णतलस्य उदाहरणमस्ति । येन तलेन स्वोपरि निष्पतनोन्मुखं सम्पूर्णं विकिरणम् परावर्त्यते तत्तु पूर्णश्वेतं (Perfectly white) तलमित्यभिधीयते ।

प्रयोगैः साध्यं यत् कज्जलं सर्वोत्तमविकीर्णकः सर्वोत्तमावशोषकश्चेति भास्वरधातुश्च निकृष्टविकीर्णकः निकृष्टावशोषकश्च भवति ।

१४–दैनिक-जीवने उत्तमावशोषकः अधमश्च—

अस्माकं दैनिकेषु कार्येषु कदाचित् उत्तमावशोषकस्य कदाचिच्च उत्तमपरावर्त्तकस्य आवश्यकता भवति । शीतर्त्तौ जनाः कृष्णवस्त्राणां धारणं ग्रीष्मे च श्वेतवस्त्राणां धारणम् प्रायशः कुर्वन्ति । यतः कृष्णवस्त्रैः प्रायेण सम्पूर्णः सूर्यतापोऽवशोष्यते श्वेतवस्त्रैश्च तापः परावर्त्यते । चायपात्राणां ऊष्मामापकानां च बाह्यतलानि भास्वराणि क्रियन्ते । यतः भास्वरतलैः स्वल्पतापो बहिः निष्कास्यते । एतद्विपरीतं पाकार्थं प्रयुज्यमानानां पात्राणां तलानि कृष्णीक्रियन्ते यतः कृष्णतलम् ऊष्मणः उत्तमावशोषकं भवति । भित्तिषु श्वेतोपलेपेन प्रकोष्ठाः ग्रीष्मे शीतलाः शीते चोष्णाः भवन्ति । यदि चेत् श्वेतस्थाने कस्यचिद् अन्यस्य रङ्गस्य प्रयोगो क्रियेत तर्हि स प्रभावो ह्रसेत् ।

शुष्कवायुना विकीर्णोष्मणः अत्यल्पम् अवशोषणं क्रियते किन्तु आर्द्रेण वायुना अधिकावशोषणं क्रियते । अतएव आर्द्रेण वायुना अस्माकं द्विविधं कार्यं सम्पाद्यते :— (१) दिनसे सूर्यतापेन अधिकोष्णीभवनात् स पृथिव्याः रक्षणं करोति (२) रात्रौ च स भुवः प्राचुर्येण शीतलीभवनं निवारयति ।

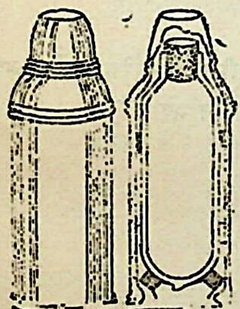
विदितप्रायमेव सर्वेषां यत् एका स्वच्छाकाशवती शर्वरी मेघाच्छन्नशर्वर्याः शीतलतरा भवति यतः भुवः विकीर्णोष्मा मेघमण्डलात् निष्क्रम्य बहिः गन्तुं न पारयति ।

वस्तूनां येषामन्तरालात् निष्क्रम्य विकीर्णोष्मा बहिः गन्तुं शक्नोति तानि वस्तूनि पारोष्मकानि इति नाम्नाभिधीयन्ते यैश्च वस्तुभिः विकीर्णोष्मणः अवशोषणं क्रियते तानि वस्तूनि अपारोष्मकानि इति नाम्ना अभिधीयन्ते । किमपि द्रव्यात्मकं (Material) वस्तु पूर्णतः पारोष्मकं न भवति, यद्यपि शुष्को वायुः प्रायश एतादृश एवास्ति ।

१५–डिवारफ्लास्कं थर्मसं वा (Dewar Flask or Thermos)

ऊष्णः पदार्थः चिरकालं यावत् उष्ण एवं शीतलश्च शीतलएव स्यात् इति व्यवस्थापनार्थम् एकं विशिष्टप्रकारीयं बोतलं प्रयुज्यते । अस्य भित्तिः शीशकावरणद्वयेन

निर्मिता भवति। पङ्क्तिकाद्वयस्यास्य ग्राभ्यन्तरिके तले रजतीयं लेपनं क्रियते। ग्रावरणद्वयमध्य-वर्त्तिनं वायुं च निस्सार्य बोतलं संवृयते। भित्तिद्वययुक्तं बोतलमिदंएकस्मिन् टिननिर्मिते बोतले उच्छलनिकायां (स्प्रिङ्ग) ग्रथवा कार्कशकलेषु निधीयते तत्पार्श्वेष्वपि कार्कशकलानि स्थाप्यन्ते। बोतले उष्णं चायं शीतलं हिमं वा निधाय उपरितः कार्कावरोधक ग्रारोप्यते। इत्थं चालनसंवहनविकिरणवाष्पायनादिभिः सर्वैः प्रकारैः ऊष्मणः ग्रात्रागमनम् ग्रवरुध्यते। चतुर्विंशतिघटिकापर्यन्तं च तापः स्थिर एव तिष्ठति। चालनेन ऊष्मणः गमनम् ग्रवरोद्धुं शीशकभित्तिद्वयं, कार्कशकलानि, भित्तिद्वयान्तरालवर्त्ती निर्वाताकाशश्च कार्यं कुर्वन्ति। संवहनद्वारा ऊष्मणः गमनं निर्वाताकाशेन निवार्यते। बोतलमुखं च कार्केण ग्रवरुद्धयते यतः ग्राभ्यन्तरिकोष्मा बहिः गन्तुं न पारयति। विकिरणद्वारा ऊष्मणः बहिर्गमनं शीशकावरणयोः निर्वाताकाशं प्रति कृतेन रजतीयलेपेन निवार्यते। बोतलं उपरिपर्यन्तं उष्णेन चायक्वाथेन ग्रापूर्य कार्कावरोधको निवेश्यते चेत् तर्हि वाष्पायनेन ऊष्मा बहिः गन्तुं न शक्नोति।



चित्रम् ११.१६

ग्रतएव बोतलेऽस्मिन् पदार्थः चिरकालं यावत् एकस्मिन्नेव तापे तिष्ठति। ईदृशानि बोतलानि द्रववायु-प्रभृतीनां संरक्षणे प्रयुज्यन्ते। डिवारेण (Dewar) ग्रस्याविष्कारः कृतः। ग्रत इदं डिवारफ्लास्कम् (Dewar Flask) इति नाम्नापि ग्रभिहितम्। सधारणत इदं थर्मसम् (Thermos) इति नाम्नाभिधीयते। (चित्रम् ११.१६)

प्रश्नाः

(१) काभी रीतिभिरूष्मणः सञ्चारः सम्पद्यते ? तेषाम् ग्रन्योन्यान्तरं किम् ?
(२) यन्त्रीयकुण्डोपकरणेन धातूनां चालकताया: तुलना कथं क्रियते ?
(३) डेवीमहोदयस्य निरापददीपकस्य कः सिद्धान्तः ? प्रयोगेण स्वकथनस्य पुष्टिः करणीया।
(४) कानि कारणनि यत्—
(ग्र) ग्रधस्तलात् उत्तापनात् द्रवाः शीघ्रं उष्णाः भवन्ति किन्तु उपरित उत्तापनात् तप्ताः न भवन्ति।
(ब) समीचीनेषु प्रकोष्ठेषु वलभीसकाशे प्रकाशावस्थानकानि क्रियन्ते ?
(स) वातिकापूरिताः कण्डिकाः निर्वातकण्डिकाभ्यः भद्रतराः इति कथं स्वीक्रियते ?
(द) यन्त्रागारणां धूमोद्गारकाः दीर्घाः स्वल्पविस्तृताश्च क्रियन्ते ?

(५) प्रकृत्यां संवहनधाराः कुत्रकुत्रोपलभ्यन्ते ? प्रत्येकदशायां तेषामुत्पत्तिकारणानि निर्देश्यानि ?

(६) विभिन्नपदार्थाणां परावर्तनक्षमतायाः (reflecting power) अवशोषण-क्षमतायाश्च तुलना कथं क्रियते ? प्रयोगेण निर्देश्यम् ?

(७) प्रयोगैः साध्यं यद् उत्तमावशोषकाः (Good absorber) उत्तमविकीर्णकाः (Good radiator) भवन्ति । दैनिकजीवने तथ्यञ्चेदं कुत्रोपयुज्यते ?

(८) थर्मसस्य निर्मितिः चित्रेण निर्देश्या । तत्र विभिन्नविधिभिः उष्मणः गमना-गमनं कथं निरोद्धुं शक्यते ?

(९) समानतापीयं कण्डिकाद्वयं क्रमशः कज्जलेन रजतेन च उपलिप्तं तर्हि तयोः तापयोः तुलना करणीयाः

(१) यदा उभावन्धकारे एकस्मिन् उष्णजलपात्रे निहितौ ।

(२) यदा उभावातपे निहितौ ।

(३) यदा उभौ कस्याञ्चिद् स्वच्छशर्वर्यां विमुच्य लम्बितौ । विस्तरेण निर्देश्यं यत् उभयोस्तापमापकयोः मापः प्रत्येकदशायां समानः कथं न भवति ?

अध्यायः १२

ऊष्मायन्त्रम्

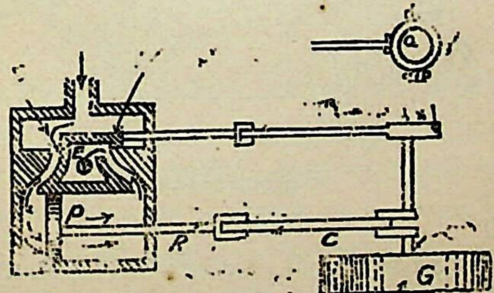
१—ऊष्मा इति ऊर्जायाः रूपमेकम्। ऊष्मा कार्ये कार्यञ्च ऊष्मणि परिवर्तयितुं पार्यते। यस्य साहाय्येन ऊष्मा कार्यरूपे परिवर्तयितुं शक्यते स यन्त्रः ऊष्मायन्त्र इत्यभिधीयते। स द्विविधो भवति।

(अ) वाह्यदहनयन्त्रः—अस्मिन् यन्त्रे एकस्मिन् पृथग्भ्राष्ट्रे अङ्गारकम् प्रज्वाल्य उदकं वाष्परूपेण परिवर्त्यते वाष्पश्च भूयः सिलिण्डरे नीयते यत्र स वाष्पः कार्यं सम्पादयति।

(आ) आन्तरिकदहनयन्त्रः—अस्मिन् यन्त्रे सिलिण्डराभ्यन्तरे एव किञ्चित्तैलं, पेट्रौलं कञ्चिद् वाष्पकं वा दग्ध्वा ऊष्मा उत्पाद्यते।

(२) वाष्पयन्त्रस्य (Steam Engine) सिद्धान्तः—

यन्त्रोऽयं एको वाह्यदहनयन्त्रः। निम्नाङ्कितेन चित्रेण अस्य सिद्धान्तोऽवगन्तुं शक्यते।

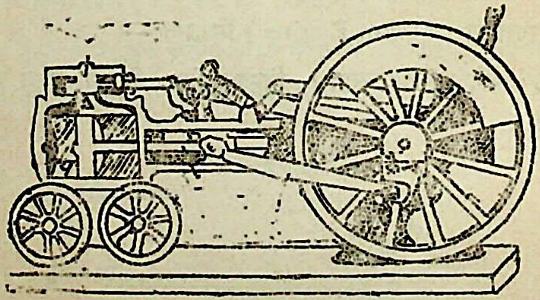


चित्रम् १२-१.

यन्त्रस्य सर्वाधिकौ आवश्यकौ भागौ P इत्येकः पिस्टनः तस्य सिलेण्डरश्च। यदा सिलिण्डरे एकतः वाष्पोऽधिसार्यते तर्हि P इति पिस्टनः सम्पीडनेन अन्यदिशं प्रति गतिं करोति। यदा पिस्टनं सिलिण्डरस्य द्वितीयपार्श्वस्य सन्निधानं प्राप्नोति तर्हि प्रथमं शीर्षं संवृत्य वाष्पो द्वितीयात् शीर्षात् अधिसार्यते सम्पीडनेन च पिस्टनः विपरीतदिशं प्रति गमनं प्रारभते। इत्थं एकेन निश्चितसमयान्तरेण वाष्पम् सिलिण्डरस्य प्रथमात्

द्वितीयाच्च शीर्षात् अधिसार्य पिस्टने पुरः पश्चाद्भाविनी गतिरुत्पाद्यते । पिस्टनेन दृढ़ता-पूर्वकं संयुक्त एको दण्डकः भवति यः पिस्टनदण्डकः (Piston rod) इति नाम्नाभिधीयते । दण्डकोऽयं पिस्टनेन सह पुरःपश्चात् सरति । पिस्टनदण्डकेनानेन एकोऽन्यः दण्डकः संयुज्यते यः चक्रकेन्द्रेण सह सुदृढं संयुक्तेन क्रैन्केन (Crank) सह संयुक्तो भवति (चित्रम् १२. २)। दण्डकोऽयं संयोजकदण्डकः (Connecting rod) इति नाम्नाभिधीयते । क्रैन्कः धुरदण्डेन चक्रेण च स्थायिरूपेण संयुक्तः एको लघुभुजः भवति यस्य परिभ्रामणात् चक्रं घूर्णनं आरभते । यदा पिस्टनः दक्षिणपार्श्वे गच्छति तर्हि संयोजकदण्डकेन क्रैन्क आहन्यते येन धुरदण्डो भ्रमणं आरभते । इत्थं पिस्टनस्य पुरःपश्चाद्भाविनी गतिः चक्रस्य चक्राकारगतिरूपे परिवर्त्यते । किन्तु, प्रत्येकावर्त्ते द्वे ईदृश्यौ स्थिती भवतः ययोः संयोजकदण्डकः क्रैन्कश्च एकस्यामेव सरलरेखायां तिष्ठतः । स्थिती इमे मृतकेन्द्रम् (Dead Centre) इति नाम्ना अभिधीयेते । यतः स्थित्योः अनयोः चक्रे पिस्टनस्य आघूर्णनं शून्यं भवति । यदा संयोजकदण्डकः क्रैन्केण सह समकोणं विदधाति

स्लाइडवाल्वः



संयोजकदण्डकः

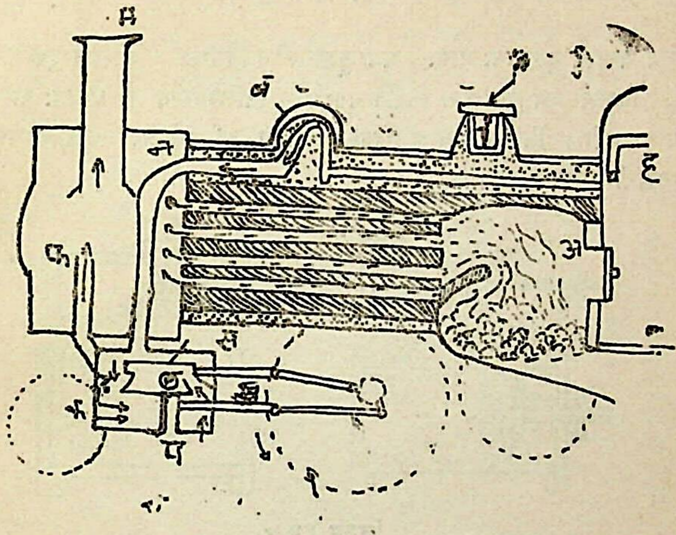
चित्रम् १२-२

तदा आघूर्णनमात्रा अधिकतमा भवति । इत्थमेकस्मिन् पूर्णावृत्त्यां आघूर्णनपरिमाणं परिवर्तते । आघूर्णनपरिमाणस्य परिवर्तनेन चक्रगतिरपि परिवर्तते । परिवर्तनमिदं निवारयितुं धुरदण्डेन एकं बृहच्चक्रं संयुक्तं भवति । चक्रमिदं गतिपालकचक्रं (Flywheel) इति नाम्ना अभिधीयते । चक्रमिदं अतिबृहद् गुरु च भवति । अतएव स्वतीव्रगत्या क्रैन्कं शून्याघूर्णनस्य स्थितिम्यां निस्सारयति । अधिकाघूर्णनस्य स्थित्यां चक्रेणानेन ऊर्जाशोषणं क्रियते अल्पाघूर्णनस्य अवस्थायाम् ऊर्जा परावर्त्यते । इत्थं गतिपालकचक्रेण एकस्मिन् पूर्णावर्ते जायमानं गतिपरिवर्तनम् ऊनीक्रियते ।

३—वाष्पयन्त्रस्य वर्णनम्:—

१२-३ इति चित्रेऽत्र पूर्णः वाष्पयन्त्रः प्रदर्शितः प्राधान्येन अस्य निम्नलिखितभागाः भवन्तिः—

वाष्पः सुरक्षावाल्वः



पिस्टनदण्डकः गतिपालकचक्रम् संयोजवदण्डकः

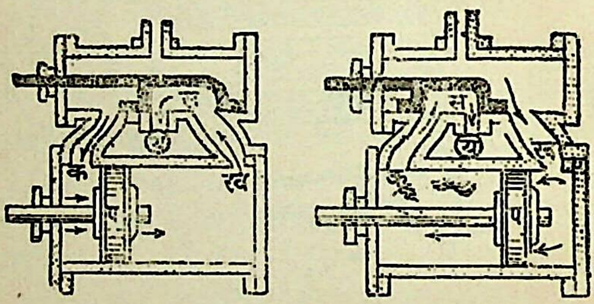
चित्रम् १२-३

(१) क्वथनकम् (Boiler)

अस्मिन् जलं क्वथयित्वा वाष्पो निर्मीयते । रेलयानस्य यन्त्रे सर्वाग्रीयो दीर्घः भागः क्वथनकं भवति, किन्तु कार्यागारीयेषु यन्त्रेषु क्वथनकं यन्त्राद्दूरवर्तिनि एकस्मिन् प्रकोष्ठे तिष्ठति । रेलयानस्य क्वथनके जलम् उत्तापयितु' साधारणरीत्या कार्यं न क्रियते अपितु जलं अयस्कीयासु स्थूलनलिकासु इत्थं पूर्यते यत् वह्निशिखा कुत्रापि ५ अथवा ६से०मी० इत्यतोऽधिकदूरे न तिष्ठति । सर्वाभिर्नलिकाभिः परस्परं मिलित्वा एका दीर्घा नलिका निर्वर्त्यते या सर्वतः संवृता भवति । अस्याः नलिकायाः कञ्चिद् निश्चितं भागं अपावृत्य स्वेच्छानुसारं वाष्पो निस्सारयितु' शक्यते । यथा यथा जलं क्वथितं भवति तस्य वाष्पो संवृतनलिकाभ्यन्तरे एकत्रीभवति तस्य सम्पीडनञ्च वृद्धिं गच्छति । अनेन जलस्य क्वथनाङ्कोऽपि वर्द्धते । एतादृशेषु क्वथनकेषु जलस्य तापः ३००° श (c) इत्यंशपर्यन्तं भवति । वाष्पस्य अधिकं सम्पीडनं सोढुं क्वथनकानां नलिकानां स्थूलत्वं दृढत्वञ्च अत्यावश्यकमस्ति । अन्यथा वाष्पबलेन क्वथनकं विदीर्णं भविष्यति । वाष्पस्य सम्पीडनाधिक्येन क्वथनकस्य विदीर्णत्वं निवारयितुं एकः सुरक्षावाल्वो (Safety valve) संयुज्यते । यदा वाष्पस्य सम्पीडनं एकनिश्चितसीमातः, प्रायशः २०० वायुमण्डलीयात् सम्पीडनात्, अधिकं भवति तर्हि सुरक्षावाल्वोऽपावृतो भवति वाष्पश्च बहिः निस्सरति ।

(२) सिलिण्डर : (Cylinder)

अयं यन्त्रस्य मुख्यतमः भागः । अयं शुद्धायस्केन निर्मीयते । अस्मिन् एक अयोनिर्मितः 'प' इति पिस्टनं इत्थं सम्यक्तया तिष्ठति यतः तस्य सिलिण्डरस्य च मध्यतः वाष्पो निस्सरितुं न पारयति । सिलिण्डरस्य शीर्षद्वयस्य सकाशे 'क' इति 'ख' इति वाष्पस्य प्रवेश-निर्गमनद्वारौ भवतः ।



चित्रम् १२·४

३—वाष्पपिटकं (Steam Chest)

अथवा वाल्वपिटकञ्च (Valve chest)

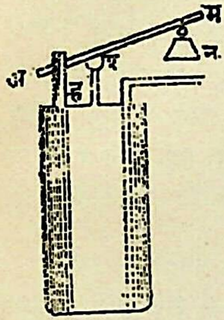
इदं सिलिण्डरोपरि एकं लघु सुदृढं पिटकं भवति । यस्मिन् एकनलिकाद्वारा क्वथनकात् वाष्प आगच्छति अस्मिन् पिटके च परिसरन् सिलिण्डरे गच्छति । अस्मिन् त्रीणि द्वाराणि (Port) क, ख, य चेति (चित्रे १२.४) भवन्ति । पार्श्ववर्तिनोः क, ख इत्येतयोर् द्वारयोः सम्बन्धः सिलिण्डरेण सह भवति मध्यवर्तिनश्च द्वारस्य सम्बन्धः निर्गमननलिकया (Exhaust Pipe) सह भवति ।

अस्मिन् पिटके D इत्याकारकः 'स' इत्येको वाल्वः दण्डकस्यैकस्य साहाय्येन पुरः पश्चात् परिसरति क्रमेण च सिलिण्डरस्य द्वाराणि संवृणोति अपावृणोति च । वाल्वश्चायं डीवाल्व इत्यपि अभिधीयते । वाल्वदण्डकस्य सम्बन्धः एकया उत्केन्द्रचक्रिकया सह भवति या स्वयं मुख्येन धुरादण्डेन संयुक्ता भवति ।

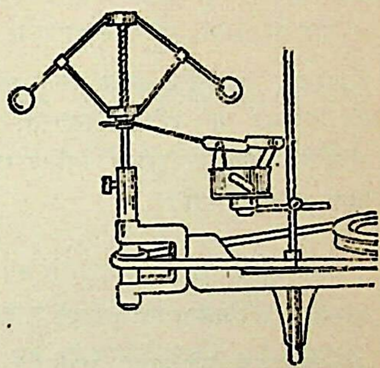
४—सुरक्षावाल्वः (Safety Valve)

वाल्वेऽस्मिन् 'अ म' इत्येकस्य दण्डकस्य शीर्षं 'अ' इति स्वस्थाने घूर्णत् तिष्ठति अन्येन च 'म' इति शीर्षेण 'न' इत्येकः मापः लम्ब्यते । 'अ' इति 'म' इति चैतयोर्मध्ये 'प' इति स्थाने एकोच्छ्रायो भवति यः 'ह' इत्येकस्याः नलिकायाः ऊर्ध्ववर्तिनि शीर्षे निहितो भवति । सामान्यतः 'प' इति उच्छ्रायो नलिकायाः मुखं संवृणोति किन्तु यदा अभ्यन्तरात् वाष्पसम्पीडनं प्रयुज्यते तर्हि 'प' इति बिन्दुः उपरि उत्तिष्ठति वाष्पश्च

बहिः निस्सरति। 'म' इति शीर्षे लम्बमानं मापं पुरःपश्चात् अपसार्य स्वेच्छानुसारं यावन्मात्रकं सम्पीडनं अभिलष्यते तावन्मात्रकं सम्पीडनं वाल्वम् अपावृत्य प्रयोक्तुं शक्यते। ईदृशः वाल्वः क्वथनकेन संयुक्तो भवति यतः वाष्पाधिक्यस्य सम्पीडनेन क्वथनकं न विदीर्यते।



चित्रम् १२·५



चित्रम् १२·६

५—गतिनियन्त्रकः थ्रौटिलबाल्वश्च (Speed Governor and Throtle Valve).

अनेन क्वथनकतः सिलिण्डरे गच्छतः वाष्पस्य परिमाणं स्वयमेव आवश्यकतानुसारं न्यूनाधिकं क्रियते। गतिनियन्त्रकस्य ऊर्ध्वाधरभ्रमिकायाः सम्बन्धः मुख्येन धुरादण्डेन भवति। अतएव यदा यन्त्रः तीव्रतया गतिं करोति तर्हि भ्रमिकापि तीव्रेण घूर्णनं करोति धातुमयौ द्वौ गेन्दुकौ उपरि उत्तिष्ठतः। गेन्दुकयोः उपर्युत्थानात् एकः कालर आकृष्यते। यदा कालर ऊर्ध्वं गच्छति तर्हि लीवरेण वाष्पमार्गे संयुक्तः थ्राटिलवाल्व-नामकः भागः संवृयते यतः वाष्पमात्रा ऊनीक्रियते यन्त्रश्च मन्दगतिं करोति। यदा यन्त्रस्य गतिः ह्रसति तर्हि गेन्दुकौ अधः निष्पततः थ्राटिलबाल्वश्च अपावृयते येन अधिकः वाष्पः क्वथनके गच्छति यन्त्रगतिश्च तीव्रायते। जेम्सवाटमहोदयेन (James Watt) अस्याविष्कारः कृतः। अतोऽयं वाटनियन्त्रक इति नाम्नाभिधीयते। साम्प्रतिकेषु यन्त्रेषु अतोप्यधिकसुष्ठुतराः गतिनियन्त्रकाः संयुज्यन्ते।

६—गतिपालकं चक्रम् (Fly Wheel)

इदमेकं बृहच्चक्रं भवति यत् क्रैन्केण सुदृढं संयुक्तं भवति। अस्य भारोऽधिको भवति अतस्तेन क्रैन्को मृतकेन्द्राभ्यां (Dead Points) निस्सार्यते। स्वगुरुत्वाधिक्यात् तत् स्वकीये पूर्णावर्त्ते चक्रस्य गतिं एकसदृशीं करोति।

यन्त्रस्य क्रिया—यन्त्रस्य 'अ' इति भ्राष्ट्रे (चित्रम् १२.३) अङ्गारको ज्वलति यस्य ज्वालाभिः क्वथनकस्य नलिकानां जलं सम्पीडनकारणात् २००°श (c) इति ३००°श (c) इत्येतयोर्मध्ये तिष्ठति। यथैव नोदकः 'ह' इति हस्तकं सम्पीडयति 'व' इति वाष्पनलिकायाः मुखम् अपावृयते वाष्पश्च 'न' इति नलिकायां परिसरन् वाष्पस्य पिटके भूयश्च सिलिण्डरे प्रविशति येन पिस्टनं पुरःपश्चात् चलति। यदा सिलिण्डरे एकद्वारतः वाष्पः प्रविशति तर्हि स वाष्पपिटकस्य 'य' इति द्वितीयद्वारतः अभिसरन् यन्त्रस्य 'म' इति धूमोद्गारिणोतः बहिर्याति। डीत्राल्वसाहाय्येन सिलिण्डरद्वाराणि क्रमशः संवृयन्ते अपावृयन्ते च। तस्य क्रिया पूर्वमेव वर्णिता।

प्रश्नाः

१—यन्त्र इति नाम्ना कोऽभिधीयते ? केन सिद्धान्तेन वाष्पयन्त्रः कार्यं करोति ?

२—वाष्पयन्त्रे के-के भागाः भवन्ति ? चित्राङ्कनं कृत्वा गतिनियन्त्रकसुरक्षावाल्वगतिपालकचक्राणां प्रत्येकस्य भागस्य कार्यं निर्देश्यम्।

३—यन्त्रस्य क्वथनकं कीदृशं भवति ? ततः केन मार्गेण वाष्पः सिलिण्डरे गच्छति ?

तृतीयः परिच्छेदः

प्रकाशः

अध्यायः १३

प्रकाशस्य सरलरेखाक्रमेण गमनम्

(Rectilinear Propagation of Light)

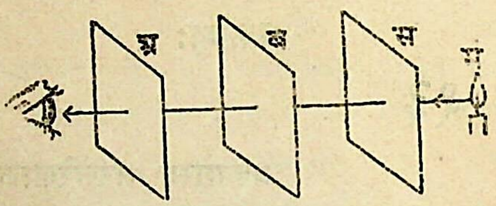
१—प्रकाशस्य प्रकृतिः

सर्वथा प्रकाशशून्ये प्रकोष्ठे अस्माकं गमने तत्र सन्निहिताः पदार्थाः नहि दृश्यन्ते । किन्तु यदि चेत् दीपकं सन्दीप्य कक्षद्वाराणि वा अपावृत्य प्रकाशः क्रियते तर्हि तत्रस्थाः सर्वे पदार्थाः गोचरीभवन्ति । अनेन सिध्यति यत् लोचनसाहाय्यार्थं वस्तुन एकस्य सत्वम् अनिवार्यं भवति तदैव च अस्माभिः वस्तूनि द्रष्टुम् शक्यानि । तत् सहायकं वस्तु प्रकाशः (Light) इति नाम्नाभिधीयते । सूर्यः, नक्षत्राणि, द्रावकवर्त्तिकादीनि कतिपये-दृशानि वस्तूनि यानि स्वयमपि दृश्यन्ते तेषाञ्च सहाय्येन अन्यानि च वस्तूनि अस्माभिः दृग्गोचरीक्रियन्ते तादृग्वस्तूनि प्रकाशमानानि (Luminous) इत्यभिधीयन्ते । कतिपये-दृशाः पदार्थाः भवन्ति यत्र दीप्त्यभावो भवति, किन्तु, यदा तेषामुपरि कुतश्चिद् प्रकाश-मानपदार्थात् प्रकाशो निष्पतति तर्हि ते दृश्याः भवन्ति । ईदृशाः पदार्थाः प्रकाशहीनाः (Non-Luminous) इत्यभिधीयन्ते । यदा अस्माभिः कस्मिंश्चिद् तमसाच्छन्ने कक्षे दीपः सन्दीप्यन्ते तर्हि दीपालोकः कक्षस्थितेषु वस्तुषु प्रतिफलति प्रकाशस्यास्य किञ्चद्-भागः प्रकीर्णनद्वारा (Scattering) अस्माकं नेत्रे प्रतिफलति वस्तूनि च दृष्टिपथं आयान्ति ।

२—प्रकाशः सरलरेखायां गतिं करोति

कस्मिंश्चिद् समाङ्गिनि पारदर्शकमाध्यमे प्रकाशः सरलरेखायां चलति । यदि चेद् नेत्रादित्ययोर्मध्ये नेत्रसकाशे किञ्चिद् स्वल्पवस्तु स्थाप्यते तर्हि तेन वस्तुनाल्पेन सम्पूर्णः सूर्यविम्बः तिरोहितः क्रियते । कारणञ्चास्य यद् आलोकः सरलरेखायां चलति । यदा अपारदर्शकं वस्तु मध्ये तिष्ठति तर्हि प्रकाशः तिरश्चीनो भूत्वा भूयः अस्माकं नेत्रं प्रति आगन्तुं न पारयति । कक्षस्य कस्माच्चित् सुषिरात् यदा आलोककिरणः आयाति तर्हि सोऽपि रजःकणानां साहाय्येन सरलरेखायां गच्छन् प्रतिभाति ।

तिसृषु स्थूलपट्टिकासु सूक्ष्मसुषिरं विधाय १३·१ इति चित्रवद् ताः संस्थाप्याः। एकस्याः द्रावकर्वतिकायाः प्रकाशःतदैव आलोक्यते यदा सुषिरत्रयम् एकस्यां सरलरेखायां तिष्ठति। त्रयाणां छिद्राणां मध्ये यद्येकमपि सरलरेखातः इतस्ततः अपसृतं स्यात् तर्हि द्रावकर्वतिकाशिखा अदृश्या भविष्यति।



चित्रम् १३·१

प्रकाशकिरणानां ऋजुरेखायां गमनकारणादेव अस्माभिः किमपि वस्तु याथार्थ्येण तदवस्थायामेव दृश्यते यस्यामवस्थायां तद्वस्तु तत्र तिष्ठति। यदि प्रकाशे तद्गुणो न स्यात् तर्हि वस्तूनां स्थित्याः यथार्थं ज्ञानम् असम्भवं भवेत्। विप्रकृष्टाद् अवलोकनेन यत्र द्वारं प्रतीयेत तत्र वस्तुतो द्वारं न स्यात् अस्माकञ्च कुड्येन संघातो भवेत्। यदि चेत् अस्माभिः स्वमित्रेण सह वार्त्तालापं कर्त्तुं पुरोगमनं क्रियेत तर्हि वयं तस्य सम्मुखे न स्थित्वा एकपार्श्वे अपसृता भवेम। यदि कमपि पशुम् दृष्ट्वा तदुपरि भुशुण्ड्या प्रहारः क्रियेत तर्हि तस्मिन् कदापि गुलिकाघातो न स्यात्। इत्थं सर्वेषु दैनिकव्यवहारेषु अव्यवस्था स्यात्।

२—सूच्योच्छिद्रकैमरा (Pin Hole Camera)

कस्यचिद् पट्टस्य धातुपट्टिकायाः वा शकलमेकम् आदाय तस्मिन् प्रायेण १ मिलीमीटरपरिमितव्यासस्य छिद्रमेकं विधेयम्। छिद्रसम्मुखे एका प्रज्वलिता द्रावकर्वतिका संस्थाप्या पट्टस्य अन्यस्मिन् पार्श्वे एकस्य घृष्टशीशकस्य तिरस्करिणी इत्थं संस्थाप्या यत् तत्र अबाधितभावेन द्रावकर्वत्तिकायाः प्रकाशो न प्रतिफलेत् अपितु छिद्रतः आगच्छन् प्रकाशो निष्पतेत्। इत्थं तिरस्करिण्यां द्रावकर्वत्तिकायाः विपरीतः प्रतिबिम्बः दृश्यते।

चित्रे 'अ ब' इत्येका द्रावकर्वतिका, तस्याः 'अ' इति बिन्दुतः 'छ' इति छिद्रेः गच्छन्ती रश्मिः 'स' इति बिन्दुस्थाने 'ब' इति बिन्दुतश्च गच्छन्ती रश्मिः 'द' इति बिन्दुस्थाने स्वकीयं प्रतिबिम्बं निर्वर्तते। 'अ' इत्यस्य 'ब' इत्यस्य च मध्यवर्तिभ्यः बिन्दुभ्यः परिसरन्त्यः रश्मयश्चापि ऋजुरेखायां गतिं कृत्वा तिरस्करिण्यां प्रतिफलिष्यन्ति द्रावक र्वत्तिकातः विभिन्नेषु बिन्दुस्थानेषु प्रतिबिम्बानि विधास्यन्ति। इत्थं द्रावकर्वत्तिकायाः विपरीतः प्रतिबिम्बः तिरस्करिण्यां विधास्यते यथा चित्रे प्रदर्शितः।

यदि चेद् द्रावकर्वत्तिकायाः तिरस्करिण्याः वा अन्तरालं परिवर्त्यते तर्हि प्रतिबिम्बाकारोऽपि परिवर्तनं प्राप्स्यति प्रत्येकदशायाञ्च :—

$$\frac{\text{द्रावकवर्त्तिकायाः दैर्घ्यम्}}{\text{प्रतिविम्बस्य दैर्घ्यम्}} = \frac{\text{छिद्रात् वर्त्तिकाया अन्तरालम्}}{\text{छिद्रात् तिरस्करिण्या अन्तरालम्}}$$

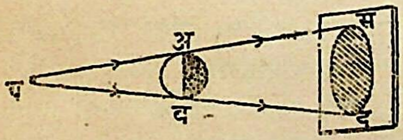
यदि चेद् पट्टशकलं घृष्ट शीशकस्य अभिमुखपार्श्वयोर्मध्ये निवेश्येते तर्हि ईदृशं पिटकं सूचीछिद्रकैमरा इत्यभिधानं लभते।

एतत्कैमराद्वारा प्रतिविम्बस्य निर्मितिः प्रकाशस्य सरलरेखागमनस्यैव परिणामः।

यदि चेद् प्रथमात् छिद्रात् स्वल्पान्तरे द्वितीयमेकं छिद्रं विधीयते तर्हि द्रावकवर्त्ति-कायाः द्वितीयः प्रतिविम्बः निर्वर्त्यते। इत्थमेव यदि छिद्राण्यनेकानि क्रियन्ते तर्हि तावन्तोऽधिकाः प्रतिबिम्बाः निर्वर्त्यन्ते। यदि एतानि सर्वाणि छिद्राणि अतिसन्निकृष्टानि क्रियन्ते अन्ते च तानि यदि एकबृहच्छिद्ररूपं धारयन्ति तर्हि एकप्रतिविम्बोपरि अनेक प्रतिविम्बानाम् अवगुण्ठनं (Overlapping) निर्मीयते। द्रावकवर्त्तिकायाश्च प्रतिविम्बः सुस्पष्टं नावलोक्यते। तत्स्थाने तिरस्करिण्याः किञ्चिद्भागे एकसदृशः प्रकाशः दृष्टि-पथम् एति।

४—छायानिर्मितिः (Formation of shadow)

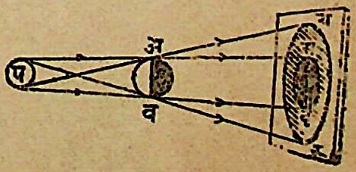
छाया निर्माणमपि प्रकाशस्य सरलरेखा क्रमेण गमनस्य परिणामः अस्ति। यतः प्रकाश ऋजुरेखायां चलति अतएव कस्यचिद् अपारदर्शकवस्तुनः व्यवधाने सति स तिरश्चीनो भूत्वा तस्य पृष्ठभागे गन्तुं न पारयति।



चित्रम् १३·३

यदि चेद् कस्माच्चिद् 'प' इति दीप्त-विन्दुतः प्रकाशो गतिमान् भवेत् तस्य मध्ये च 'अ ब' इत्येकः गोलकः आग-च्छेत् तर्हि तिरस्करिण्यां गोलकस्य 'स द' इति छाया निर्मीयते। अस्या छायायाः कुतश्चिदपि भागात् 'प' इति बिन्दुः न दृश्यते। तिरस्करिण्याः अवशिष्टे भागे प्रकाशो भवति।

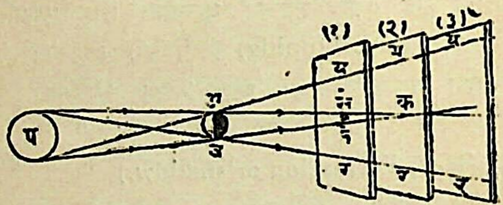
यदि दीप्तबिन्दुस्थाने 'प' इत्येकं बृहादाकारकं वस्तु गृह्यते 'अ ब' इति च किञ्चिद अपारदर्शकं वस्तु 'प' इत्यस्य तिरस्करिण्याश्च मध्ये स्थाप्यते तर्हि छायायाः मध्यभागः अधिकः कृष्णो भविष्यति तस्य च चतुर्दिग्भागः स्वल्पकृष्णो भविष्यति। 'प' इति दीप्तवस्तुनः 'अ' 'ब' इत्यस्य च सरलो-भयनिष्ठस्पर्शरेखयोर्मध्यभागोऽधिकः कृष्णः तस्य भागस्य च चतुर्दिग्वर्तिभागः किञ्चिदल्प-कृष्णो भविष्यति। अधिकः कृष्णभागः



चित्रम् १३·४

प्रच्छाया (Umbra) स्वल्पकृष्णभागश्च (Penumbra) इति नाम्नाभिधीयेते।

यदि चेद् 'प' इति दीप्तं वस्तु 'अ ब' इति अपारदर्शकवस्तुतः बृहद् अस्ति तर्हि 'प' इत्यस्य 'अ ब' इत्यस्य सरलोभयनिष्ठस्पर्शरेखाणां समाकर्षणेन निर्मीयमाणे 'अ क ब' इति शंकौ प्रतिच्छाया भवति अस्य शंकोश्च 'स य' इत्यस्मिन् 'द र' इत्यस्मिन् च बहिर्भागे उपच्छाया भविष्यति। यदि चेद् 'अ ब' इत्यपारदर्शकवस्तुनः तिरस्करिण्याः व्यवधानं वर्ध्यते तर्हि (१) इति चित्रावस्थायां 'स द' इति भागे प्रच्छाया शेषेच उपच्छाया, (२) इति चित्रावस्थायां प्रच्छाया केवलं 'क' इत्येकविन्दुस्थाने भविष्यति। (३) इति चित्रावस्थायां प्रच्छाया सर्वथा न भविष्यति।

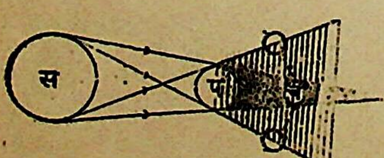


चित्रम् १३.५

५—सरलरेखागमनस्य प्राकृतिकघटनाः—

(१) चन्द्रग्रहणम् (Iunar Eclipse)

पृथ्वी सदा सूर्यस्य अभितः चन्द्रमा च पृथिव्या अभितः परिक्रामति। अस्मिन् परिक्रमणे कदाचित् 'प' इति पृथ्वी 'स' इति सूर्यस्य 'च' इति चन्द्रमसश्च मध्ये समायाति, यथा चित्रे प्रदर्शितम्, तर्हि चन्द्रमा भूच्छायान्तर्गतो भवति। अर्थात् सूर्यालोकः चन्द्रमसि न प्रतिफलति। अतएव चन्द्रतलं तमोमयं दृश्यते। इदमेव चन्द्रग्रहणमित्यभिधीयते। इदं द्विविधं भवति, पूर्णम् अपूर्णञ्च। चन्द्रमा यर्हि प्रच्छायान्तर्गतो भवति तर्हि अपूर्णं ग्रहणं भवति।

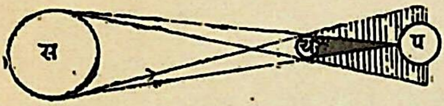


चित्रम् १३.६

चन्द्रग्रहणं सदैव पूर्णिमायाः रात्र्यां भवति पृथिव्याश्च सर्वेभ्यः स्थानेभ्यः एकसदृशमेव दृश्यते किन्तु प्रत्येकपूर्णिमायां चन्द्रग्रहणं न भवति। कारणञ्चास्येदं यत् चन्द्रमसः आकाशपथस्य तलं पृथिव्या आकाशपथस्य तलात् भिन्नम् अस्ति। उभयोरेतयोस्तलयोः ५ अंशकः कोणः निर्वर्त्यते। अतएव

प्रतिमासे चन्द्रग्रहणं न भवति। चन्द्रग्रहणं तदैव भवति यदा चन्द्रमा पृथिव्याः आकाश-पथस्य तले समायाति इदन्तु तदैव सम्भाव्यते यदा पौणमासः चन्द्रः तद्‌विद्वोर् अतिसमीपे गच्छति यत्रोभयोर् आकाशमार्गौं अन्योन्यच्छेदनं कुरुतः।

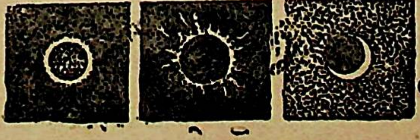
(२) अमावास्यातिथौ कदाचिद् 'च' इति चन्द्रमा 'स' इति सूर्यस्य 'प' इति भुवश्च अन्तराले सङ्क्रामति यतः चन्द्रमसश्छाया पृथिव्यां निष्पतति। प्रसङ्गोऽयं सूर्यग्रहणमित्य-भिधीयते। भुवो यद्‌भागः प्रच्छायायां तिष्ठति तद्‌भागवासिनः सूर्यस्य कमपिभागं द्रष्टुं न पारयन्ति। तत्र नैशान्धकार इव व्याप्नोति नक्षत्राणि चावलोक्यन्ते।



चित्रम् १३.७

अतएव एतद्‌भागवासिनां कृते भास्करस्य खग्रासो (Total Eclipse) भवति। कालेऽस्मिन् आदित्यबिम्बाद् विस्फुरन्त्यः ज्वाला अपि दृग्गोचरी-भवन्ति। शशिनः प्रच्छाया भुवोऽत्यल्पे भागे निष्पतति। अतएव केवलं तत्रस्था एव जनाः तद् दृश्यं परिपश्यन्ति। शशिन उपच्छायापि तावती विस्तृता न भवति यद् अखिलं भूमण्डलं तदन्तर्गतं भवेत्। यद्यपि सा छाया प्रच्छायापेक्षया विशाला भवति। उपच्छायायां सूर्यस्य किञ्चिद्‌भागीयः प्रकाशः प्रसरति किञ्चिद्‌भागीयश्च तत्र न प्रतिफलति। अतएव विच्छिन्नः सूर्यबिम्बोऽवलोक्यते ग्रहणञ्चेदम् अपूर्णं खण्डग्रासो वा इत्यभिधीयते। भुवः विभिन्नेभ्यो भागेभ्यः सूर्यग्रहणम् तुल्यरूपेण न दृश्यते। कुतश्चिद् आदित्यस्य अल्पो भागः कुतश्चि-च्चाधिको लक्ष्यते। कदाचिद् भास्करस्य खग्रासो भुवः कुतश्चिद् विशिष्टस्थानाद् गोचरी-क्रियते। खगोलीयगणनाद्वारा तत्स्थानस्य परिज्ञानं क्रियते। तथाच अनेकमासपूर्वमेव वैज्ञानिकाः तत्स्थाने आकाशीयं प्रेक्षणं कर्तुम् एकत्रीभवन्ति।

कदाचिद् शशिनः मध्यभाग एव आच्छाद्यते बाह्यञ्च गोलवृत्तं दृश्यते। ईदृशं ग्रहणं वलयाकारग्रहणमित्यभिधीयते १३.८ इति चित्रे क्रमशः वलयाकारं, पूर्णम् अपूर्णञ्च ग्रह-णानि अङ्कितानि। चन्द्रमसः भुवश्च वियन्मार्गस्य तलयोर् एकत्वाभावात् प्रत्येकामावा-स्यायां सूर्यग्रहणं न भवति।



वलयाकारं ग्रहणम् पूर्णग्रहणम् अपूर्णग्रहणम्

चित्रम् १३.८

प्रश्नाः

(१) सूचीछिद्रकैमरा केन सिद्धान्तेन कार्यं निष्पादयति ? यदि तस्य छिद्रं वर्ध्यते तर्हि कैमराद्वारा निर्मिते प्रतिबिम्बे तस्य कः प्रभावो भविष्यति ।

(२) तरुच्छायायाम् अनेके गोलाकाराः दीर्घवृत्ताकाराः वा (elliptical) प्रकाशिताः भागाः कथं दृश्यन्ते ?

(३) ऋजुरेखागमनेन प्रकृत्यां काः घटनाः भवन्ति ? चित्राङ्कनेन प्रत्येका द्योतव्या ।

———

अध्यायः १४

समतलदर्पणेन प्रकाशस्य परावर्तनम्

१—प्रकाशस्य परावर्तनम् (Reflection of Light)

कुतश्चिन्माध्यमाद् प्रसरन् प्रकाशकिरणो यर्हि कस्यचिदन्यस्य माध्यमस्य प्रकाशमानतलोपरि निष्पतति तर्हि निश्चिन्नियमानुसारेण तस्य परावर्तनं भवति । 'य र' इति प्रकाशमाने समतले निष्पतन् 'अ ब' इति रश्मिः (चित्रम् १४.१) आपतितरश्मिः (Incident ray) 'म' इति विन्दुश्च आयतनविन्दुः (Point of Incidence) इत्यभिधीयेते । समतलाद् परावर्त्यमानः 'द स' इति रश्मिः परावर्तितः रश्मिः (Reflected ray) 'म' इत्यापतनविन्दुतः 'य र' इति समतलस्य लम्बरूपेण आकृष्टा 'म न' इति रेखा अभिलम्ब (Normal) इत्यभिधीयेते । 'अ म' इत्यापतितस्य किरणस्य 'म न' इति अभिलम्बस्य च मध्यवर्ती 'अ म न' इति कोण आयतनकोणः (angle of incidence) 'म स' इति परावर्तितरश्मेः 'म न' इत्यभिलम्बस्य च मध्यवर्ती 'न म स' इति कोणः परावर्तनकोणः (Angle of Reflection) इत्यभिधीयेते ।

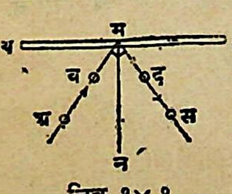
२—परावर्तनस्य नियमाः :—

कुतश्चिद् समतलाद् प्रकाशस्य परावर्तनं निम्ननियमानुसारेण भवति :—

(१) परावर्तनकोणः सदा आपतनकोणतुल्यो भवति ।

(२) आपतितरश्मिः आयतनविन्दौ समतलस्य अभिलम्बः परावर्तितरश्मिश्च त्रयोप्येकस्मिन्नेव समतले तिष्ठन्ति । तलमिदम् आयतनतलं (Plane of Incidence) इत्यभिधीयते ।

३—कीलकाभितः परावर्तननियमानां परीक्षणम् :—



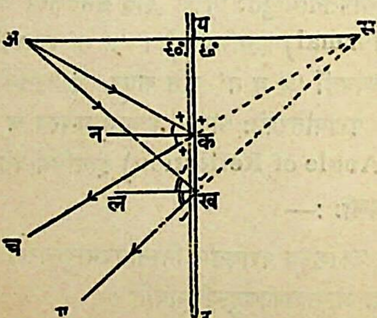
चित्र १४.१

काष्ठस्य समतले फलके श्वेतकर्गदः सन्निवेश्यते कीलिकाभिश्च स्थिरीक्रियते । भूयश्च 'य र' इत्येकः समतलः दर्पणः फलके एकाधारसाहाय्येन इत्थं संस्थाप्यते यत् तत् फलकेन सह समकोणमेकं विदधाति । दर्पणसम्मुखे कर्गदे 'अ' इति 'ब' इति च कीलिकाद्वयम् इत्थं सन्निवेश्यते यत् तयोः संयोजिनी 'अ ब' इति रेखा 'य र' इति दर्पणस्य लम्बरूपा न स्यात् । इदानीम् एतयोः कीलकयोरुभयोः प्रतिबिम्बौ (images) दर्पणे लक्ष्येते चक्षुषी च इतस्ततोऽपसृत्य ईदृश्याम् अवस्थायां स्थाप्यते यतः प्रतिबिम्बद्वयम् एकस्मिन् ऋजुक्रमे दृश्यते । अस्यैव रेखाया ऋजुक्रमे 'स' इति 'द' इति च कीलिकाद्वयं

निवेश्यते। दर्पणस्य पश्चाद्वर्तिनः तलस्य स्थितिम् ऋजुरेखयैकया निर्धार्य दर्पणोऽपसार्यते। कीलकचतुष्टयस्याभितः लघुवृत्तानि विधाय (चित्रम् १४.१) कीलिका अपि निष्कास्यन्ते। 'अ ब' इति 'स द' इति च ऋजुरेखे 'य र' इत्यस्य 'म' विन्दूपरि मिलतः। 'क' इति बिन्दुतः 'य र' इत्यस्य लम्बारूपा 'म न' इति रेखा आकृष्यते। 'अ म न' इति 'स म न' इति च कोणौ परिमाप्य लक्ष्येयातां चेत् तर्हि द्वावेव तुल्यौ परिज्ञायेयाताम्। अतः सिध्यति यत् आयतनकोणः परावर्तनकोणतुल्यो भवति। यदि कीलिकाचतुष्टयस्य अन्तर्निविष्टानि शीर्षाणि लक्ष्येरन् तर्हि तानि श्वेतकर्गदस्य तले प्रतीयेरन्। अतो परावर्तनस्य द्वितीयो नियमस्सिध्यति।

३—प्रतिबिम्बस्थानम् :—

परावर्तननियमानां सहाय्येन कस्यचिद्बिन्दोः प्रतिबिम्बस्थितिः सारल्येन ज्ञातुं शक्यते। १४.२ इति चित्रे कल्पनीयं यत् 'य र' इत्येको दर्पणोऽस्ति। तत्सम्मुखे 'अ' इति कश्चिद्बिन्दुः वर्तते यस्य प्रतिबिम्बस्थितिर्विज्ञेया। 'अ' इत्यतः अभिसरन् 'अ क' इति 'अ ख'



चित्र १४.२

इति च कश्चिद् रश्मिद्वयं अभिलक्ष्य ततः परावर्तितौ 'क च' इति 'ख प' इति च रश्मी आकर्षणीयौ पश्चभागे च तौ वर्धनीये। इत्थं लक्ष्यते यदुभौ 'स' इति बिन्दुस्थाने मिलतः। अयमेव बिन्दुः 'अ' इत्यस्य प्रतिबिम्बो भवति। 'य र' इत्यस्य 'क' इति 'ख' इति च बिन्द्वोरुपरि 'क न' इति 'ख ल' इति चाभिलम्बौ आकर्षणीयौ। परावर्तननियमेन :—

∵ ∠अ क न=∠न क च

∴ परस्परानुपूरककोणत्वात् (Complementary)

∠अ क य=∠च क र

किन्तु शीर्षाभिमुखः (Vertically opposite)

∠च क र=∠य क स

.∠अ क य=∠य क स

अतएव उभयोरेतयोः सम्पूरककोणत्वात् (Supplementery angle)

∠अ क स = ∠स क ख

'अ ख' इति रश्मिम् अभिलक्ष्य उपरिदर्शितरीत्या परावर्तननियमेन साधयितुं शक्यते यत्

∠अ क ख=∠क ख स

इदानीं 'अ क ख' इति 'स क ख' इति त्रिभुजद्वये

∠अ क ख=∠स क ख

∠अ ख क=∠क ख स

'क ख' इति भुजा च उभयनिष्ठा

अतएव त्रिभुजः 'अ क ख'=त्रिभुजः 'स क ख'

∴ भुजा स क=भुजा अ क

इदानीं 'अ क य' इति 'स क य' इत्येतयोः त्रिभुजयोः

भुजा अक=भुजा सक

यक इति भुजा उभयनिष्ठा

मध्यवर्ती च ∠अ क य=∠स क य

अतएव 'अ क य' इति 'स क य' इति च त्रिभुजौ

सर्वावस्थायां तुल्यौ भवतः

अतः अ य इति अन्तरालम्=य स इत्यन्तरालम्

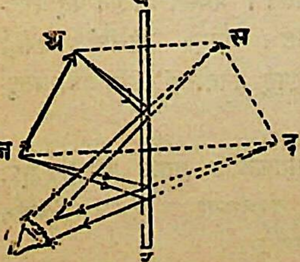
∠अ य क इति ∠स य क इति चैतयोः प्रत्येकः समकोणतुल्योऽस्ति ।

अतएव समतलदर्पणे निर्वर्तितः कस्यचिद् बिन्दोः प्रतिबिम्बः दर्पणस्य पश्चभागे यथार्थ्येण तावन्मात्र एवान्तराले निर्वर्त्यते यावन्मात्रेऽन्तराले स बिन्दुः दर्पणसम्मुखे तिष्ठति ।

१—समतलदर्पणेन निर्वर्तितः कस्यचिद् वस्तुनः प्रतिबिम्बः :—

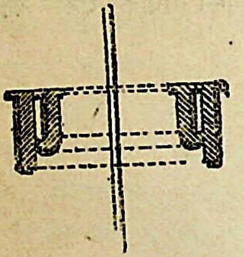
यदा अस्माभिः किञ्चिद् वस्तु दर्पणसम्मुखे स्थाप्यते तर्हि तस्य प्रत्येकबिन्दोः प्रतिबिम्बः दर्पणे दृश्यते सर्वेषाञ्चैतेषां बिन्दूनां सम्मिलनात् तस्य पूर्णवस्तुनः प्रतिबिम्बो निर्वर्त्यते ।

कल्पनीयं यत् य र इति समतलदर्पणस्य सम्मुखे अ व इति किञ्चिद् वस्तु निहितम् अस्माभिश्च तस्य प्रतिबिम्बस्य स्थानं ज्ञातव्यं तर्हि प्रथमं अ इत्यतः निर्गच्छन्तौ कावपि द्वौ रश्मी आदाय ऊर्ध्वाङ्किते चित्रे प्रदर्शितरीत्या संल्लक्ष्यं यत् कुतस्तावागच्छन्तौ प्रतीयेते, भूयश्च 'व' इत्यतः रश्मिद्वयं आदाय तयोः प्रतिबिम्बस्थानं ज्ञातव्यम् । इत्थं क्रमशः स इति द इति बिन्दू सम्प्राप्येते स द इति च वस्तुनः पूर्णः प्रतिबिम्बो भवति ।



चित्र १४.३

५—पार्श्विकस्य उत्क्रमणम् (Lateral Inversion)



चित्रम् १४-४

सामान्यतोऽनुभूयते यत् यर्हि अस्माभिः कस्मिंश्चिमद् बृहद्दर्पणे स्वकीयः प्रतिबिम्बोवलोक्यते तर्हि अस्माकं सव्यभागः प्रतिबिम्बस्य वामपार्श्वे अपसव्यभागश्च प्रतिबिम्बस्य दक्षिणपार्श्वे दृश्यते। यदि अस्माभिः स्वकीयः दक्षिणकरः भ्राम्यते तर्हि प्रतिबिम्बः स्वकीयःवामकरः परिभ्रामन् प्रतीयते, अर्थात् प्रतिबिम्बनिर्मित्या तद्वस्तुनः पार्श्वे (sides) परिवर्त्येते। एतादृशं परिवर्तनं पार्श्विकोत्क्रमणम् (Lateral inversion) इत्यभिधीयते। परिवर्तनस्यास्य कारणमिदं यत् वस्तुनः प्रत्येकस्य बिन्दोः प्रतिबिम्बः दर्पणस्य तावन्मात्रे पश्चभागे निर्वर्त्यते यावन्मात्रं तद्वस्तु दर्पणसम्मुखे तिष्ठतीति। वस्तु तत्प्रतिबिम्बश्चाभिमुखीनौ भवतः यस्य परिणतिरियं भवति यत् प्रतिबिम्बे वस्तुनः पार्श्वयोः परिवर्तनं भवति :

परन्तु समतलदर्पणेन निर्वर्तितस्य प्रतिबिम्बस्य आकारो वस्तुन आकारेण तुल्यो भवति। यदि चेद् किञ्चिद्वस्तु समिताकारं (Symmetrical) स्यात् तर्हि पार्श्विकोत्क्रमणेन तस्मिन् किमपि परिवर्तनं न प्रतीयेत, परन्तु वस्तूनि यानि समिताकाराणि न स्युः तत्रास्य प्रभावो भवति। यदि "प" इत्यक्षरं दर्पणे दृश्येत तर्हि तद्वैपरीत्येन प्रतीयेत् यथा १४.४ इति चित्रे प्रदर्शितम्।

एकस्मिन् पत्रे अतिगाढमसिद्वारा स्वकीयं नाम उल्लिख्य शोषकपत्रेण तद् संशोष्यम्। शोषकपत्रेण अक्षराणां पार्श्विकोत्क्रमणं भविष्यति। इदानीं शोषकपत्रमिदं दर्पणसम्मुखे निधातव्यम् तर्हि भूयोऽक्षराणां पार्विकोत्क्रमणं भविष्यति .अक्षराणि च ऋजुभावं प्राप्स्यन्ति यथा ऊर्ध्ववर्तिनि चित्रे प्रदर्शितानि।

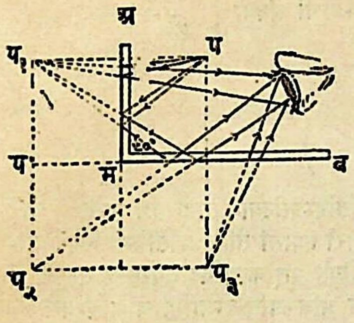
६—द्वाभ्याम् अधिकैर्वा समतलैः प्रकाशस्य परावर्तनम् :—

यदि चेद् कश्चिद् प्रकाशकिरणः दर्पणादेकस्मात् परावृत्य अन्यस्मिन् समतलदर्पणे निष्पतति तर्हि स ततोऽपि परावर्तननियमानुसारेण परावर्तते। प्रथमेन दर्पणेन यत् प्रतिबिम्बं निर्वर्त्यते तद्द्वितीयदर्पणकृते वस्तुस्थानीयं भवति। अतएव द्वितीयेन दर्पणे निर्वर्तितस्य प्रतिबिम्बस्य स्थितिम् उपलब्धुं प्रथमाद्दर्पणात् निर्वर्तितं प्रतिबिम्बं वस्तुरूपेण गृह्यते।

द्वितीये दर्पणे वस्तुत ऋजुगामिनः किरणा अपि प्रतिफलन्ति ततश्च परावृत्य भूयः प्रथमे दर्पणे निष्पतितुं समर्थाः भवन्ति। इत्थं द्वाभ्यां दर्पणाभ्यां प्रतिबिम्बान्यनेकानि निर्मीयन्ते। तेषां संख्या दर्पणयोः मध्यवर्तिकोणाश्रिताः भवति।

७—समकोणविधायकैः दर्पणैः प्रतिबिम्बस्य निर्माणम् :—

१४-५ इत्यस्मिन् चित्रे "अम" इति "मव"

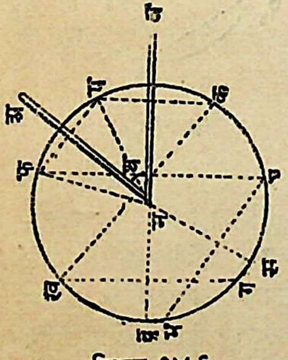


चित्रम् १४-५

इति च द्वौ समतलदर्पणौ याभ्यां समकोणो विधीयते। तयोर्मध्ये "प" इत्येकं वस्तु निहितम् यदि चेद् चक्षुषी उचितस्थाने स्थाप्येते तर्हि उत्तरोत्तरपरावर्तनैः "प$_१$ प$_२$ प$_३$" इति च त्रीणि प्रतिविम्बाणि दृश्यन्ते। "म अ" इति दर्पणात् प$_१$ इति "म व" इति दर्पणाच्च "प$_३$" प्रतिविम्बे विधीयेते। "प$_१$" "प$_३$" इति चैतयोः प्रत्येकं प्रतिविम्बं द्वितीयदर्पणकृते आभासिकवस्तुन (Virtual object) कार्यं निष्पादयति परन्तु "प$_२$" "प$_४$" इति चोभे एकस्मिन्नेव स्थाने विधीयते अतएवोभाभ्याम् आन्योन्याच्छादनं क्रियते।

८—कस्यापि कोणस्य विधायकाभ्यां दर्पणाभ्यां प्रतिविम्बनिर्माणम् :—

कल्पनीयं यत् १४-६ इति चित्रे 'म अ' 'म व' इति च समतलदर्पणद्वयेन परस्परं 'अ म व' इति कोणो विधीयते। उभयोर्मध्ये 'प' इति किञ्चिद् वस्तु तिष्ठति। 'प' इत्यस्य



चित्रम् १४-६

प्रतिविम्बं 'म अ' इत्यनेन 'फ' इति स्थाने निर्वर्त्यते। रेखागणितसाहाय्येन साध्यमिदं यत् 'म प='म फ' इति। अतएव 'फ' इति विन्दुः तस्य वृत्तस्य परिधौ तिष्ठति यः 'म' इति विन्दुं केन्द्रीकृत्य 'म प' इति व्यासार्द्धेण (radius) विधीयते। 'फ' इत्यस्य प्रतिविम्बं 'ब' इत्यत्र 'ब' इत्यस्य च 'भ' इत्यत्र निर्वर्त्यते सर्वाणि चैतानि प्रतिविम्बाणि वृत्तस्यैकस्य परिधौ तिष्ठन्ति। 'भ' इत्यत्र निर्मितं प्रतिविम्बम् उभयोर्दर्पणयोः पश्चभागे निर्वर्त्यते। अतएवेदानीं भूयः तस्य परावर्तनं न सम्भाव्यम्। 'प' इत्यस्य प्रतिविम्बं 'म व' इति दर्पणात् 'क' इत्यत्र, 'क' इत्यस्य प्रतिविम्बं 'म अ' इति दर्पणात् 'ख' इत्यत्र 'ख' इत्यस्य प्रतिविम्बञ्च 'ग' इत्यत्र निर्वर्त्यते।

इत्थंम् उत्तरोत्तरपरावर्तनद्वारा प्रतिविम्बनिर्माणक्रिया तावत्पर्यन्तं चलति यावत् दर्पणयोरुभयोः पृष्ठभागे अर्थात् 'स म द' इति कोणाभ्यन्तरे प्रतिविम्बस्य निर्वर्तनं न आरभ्यते।

यदि चेद् दर्पणयोरुभयोर्मध्यवर्ती कोणः 'थ' इति स्यात् तर्हि

$$\text{प्रतिविम्बाणां संख्या 'न'} = \left(\frac{३६०^\circ}{थ} - १ \right)$$

यदि चेद् $\frac{३६०}{थ}$ इति पूर्णाङ्को न स्यात् तर्हि प्रतिबिम्बाणां संख्या $\left(\frac{३६०^\circ}{१}—१\right)$

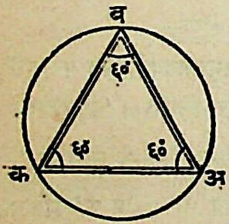
इत्यस्य पश्चाद्वर्तिना पूर्णाङ्केन तुल्या भविष्यति ।

$\therefore$ प्रतिबिम्बाणां संख्या न इति = $\left(\frac{३६०^\circ}{थ}—१\right)$

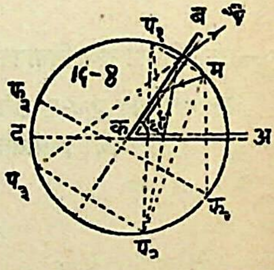
अतएव थ इति कोणो यावन्मात्रं ह्रसति प्रतिबिम्बसंख्या तावन्मात्रं वर्धते यर्हि थ=०° इति स्यात् अर्थात् यदा दर्पणावुभौ समान्तरौ स्यातां तर्हि प्रतिबिम्बसंख्या आनन्त्यं प्राप्नुयात् यतः किमपीदृशं प्रतिबिम्बं न विधीयते यत् कस्यचिद् दर्पणस्य सम्मुखे न स्यात् । किन्तु, अधिकवारं परावर्तनेन प्रकाशो क्षीयते अधिकप्रतिबिम्बाणि च न दृश्यन्ते।

कस्यचिद् कक्षस्य अन्योन्याभिमुखीनयोः कुड्ययोः बृहद्दर्पणं प्रलम्ब्य स्वयञ्च मध्येऽवस्थाय स्वप्रतिबिम्बाणामवलोकनेन तथ्यस्यास्य याथार्थ्यस्य प्रमाणम् उपलब्धुं शक्यते ।

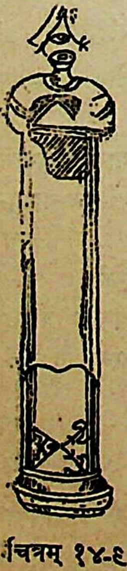
९—बहुमूर्त्तिदर्शी (Kaleidoscope)



चित्रम् १४-७



चित्रम् १४-८



चित्रम् १४-९

समतलदर्पणानां 'क अ' इति 'क व' इति च दीर्घपट्टिकाद्वय ६०° इत्यंशे एक नलिकाभ्यन्तरे स्थाप्यते (चित्रम् १४-७) । तयोरुत्तरोत्तरपरावर्तनद्वारा काचस्य रङ्गयुक्तशकलानां प्रतिबिम्बपञ्चकं दृश्यते (चित्रम् १४-८)। दर्पणावुभौ एकस्याम् अपारदर्शकनलिकायां निधाय तस्याः शिरोभागे संघृष्टं शीशकं संयुज्यते द्वितीये च शिरोभागे नेत्रं संस्थाप्य अवलोकनेन अतिसुन्दराणि चित्राणि दृश्यन्ते। नलिकायाः परिभ्रामणात् शीशकस्य रङ्गयुक्तशकलानां क्रमः परिवर्त्यते यतः तेषां प्रतिबिम्बैः अन्यानि नूतनचित्राणि विधीयन्ते । इत्थं नलिकां परिभ्राम्य अवलोकनेन चक्षुः अतिशयमानन्दम् प्राप्नोति ।

१०—विसरणपरावर्तनयोर (Diffusion and Reflection) अन्तरम् ।

यदा प्रकाशकिरणाः कस्मिंश्चिद् मसृणे भास्वरे च तले निष्पतन्ति तर्हि ते परावर्तननियमानुसारेण परावर्त्यन्ते चक्षुषोश्च प्रतिफलनेन तैः तद्वस्तुनः प्रतीतिः कार्यते यतः ते निर्गच्छन्तीति । यदि चेद्

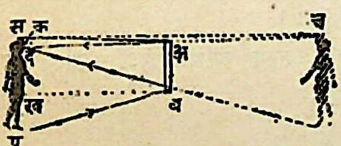
कस्मिंश्चिद् अन्धकारावृते कक्षे एकः समतलीयः दर्पणः निधीयते ततश्च प्रकाशकिरणाः परावर्त्य नेत्रं प्रति क्षिप्यन्ते तर्हि नेत्राभ्यां तद्वस्तु अवलोक्यते यतो निस्सृत्य प्रकाशकिरणाः दर्पणे निष्पतन्ति किन्तु स्वयं दर्पणः अनेन परावर्तितेन प्रकाशेन नावलोक्यते ।

परन्तु, यदा प्रकाशकिरणाः एकस्मिन् रूक्षतले प्रतिफलन्ति तर्हि ते कस्याञ्चिद् विशिष्टायां दिशि अपरावर्तिताः सन्तः सर्वासु दिक्षु प्रसरन्ति । अतएव दीप्तस्य वस्तुनः प्रतिबिम्बं कस्याञ्चिदेकस्यां दिशि न निर्वर्त्यते । अपितु यत्र प्रकाशो प्रतिफलति तत्र तद्वस्तुं प्रत्येकस्यां दिशि दृश्यते । प्रकोष्ठे निहितानि सर्वाणि वस्तूनि प्रकाशपातेन अनियमितपरावर्तनात् विसरणाद् वा दृश्यन्ते ।

यदि सूर्यालोकः दर्पणे प्रक्षिप्यते तर्हि नियमितपरावर्तनेन आदित्यप्रतिबिम्बं दृश्यते किन्तु दर्पणतलं नावलोक्यते । परन्तु यदि स एव आलोकः श्वेतकर्गदे निक्षिप्यते तर्हि विसृष्टेन प्रकाशेन कर्गदतलं दृश्यते नतु भास्करप्रतिबिम्बम् ।

११—पूर्णप्रतिबिम्बस्य अवलोकनार्थं दर्पणस्य लघिष्ठाकारः

यदि चेद् कश्चिन्मनुष्यः दर्पणसम्मुखे स्थित्वा तत्र स्वकीयं सम्पूर्णं प्रतिबिम्ब द्रष्टुमिच्छेत् तर्हि दर्पणस्य दैर्घ्यं मनुष्यस्य उच्छ्रित्यापेक्षया अर्धं स्यात् ।



चित्रम् १४-१०

कल्प्यं यत् 'अ ब' इत्येकस्य दर्पणस्य सम्मुखे 'स प' इत्येकः मनुष्यः स्थितः । तस्य चक्षुः 'द' इत्यत्र शिरः 'स' इत्यत्र पादौ 'प' इत्यत्र वर्तन्ते तर्हि शिरसोऽवलोकनार्थं 'स' इत्यतः परिसरन् किरणः 'अ' इति बिन्दुतः परावृत्य 'द' इति अक्षिस्थाने प्रतिफलति ।

परावर्तननियमैः साध्यं यत् 'स अ द' इति 'दबप' इति चोभौ समद्विबाहुत्रिभुजौ स्तः । यदि चेद् 'अ' इति 'ब' इत्यतश्च 'स ब' इत्यत्र 'अ क' इति 'ब ख' इति च लम्बौ आकृष्येते तर्हि ।

'कद'= $\frac{1}{2}$ 'सद' तथा च 'दख'= $\frac{1}{2}$ 'दप'

∴ उभयोस्संयोजनात् कद + दख=कख= $\frac{1}{2}$ सप

∵ अब= $\frac{1}{2}$ सप

अर्थात् दर्पणदैर्घ्यं मानवोच्छ्रित्यापेक्षया अर्द्धं भवति ।

उदाहरणम्—एको मानवः समतलस्यैकस्य दर्पणस्य सम्मुखे दर्पणात् $\frac{1}{2}$ मीटरान्तराले तस्य दैर्घ्यसमान्तरेण तिष्ठति । यदि चेद् मानवोच्छ्रितिः १.६ मीटरपरिमिता स्यात् तस्य चक्षुषी च तस्य शिखातः १० सेण्टीमीटरादधोवर्तिनी स्याताम् तर्हि दर्पणस्य लघिष्ठाकारः तस्य स्थितिश्च कीदृश्यौ स्याताम् येन स मनुष्यः स्वकीयं प्रतिबिम्बं दर्पणे पश्येत् ।

∵ दर्पणस्य दैर्घ्यं मानवोच्छ्रित्यापेक्षया अर्द्धं भवति ।

अतएव दर्पणस्य दैर्घ्यं=१.६ × ½ = .८ मीटरम्=८० से० मी०

∵ मनुष्यस्य 'द' इति नेत्राद् 'प' इति चरणपर्यन्तस्यान्तरालम्

१६०—१०=१५० से० मी०

∴ मनुष्यस्य निम्नतमशिरोभागस्य 'व' इत्यस्य पृथ्वीत उच्छ्रितिः

= १५० ÷ २ = ७५ से० मी०

∴ दर्पणस्य न्यूनतमं दैर्घ्यम्=८० से० मी०

दर्पणश्च इत्थम् ऊर्ध्वाधरं संस्थाप्यः यत् तस्य निम्नतमः शिरोभागः भुवः (यत्र नरः स्थितः) ७५ सेण्टीमीटरपरिमितोच्छ्रित्यां तिष्ठेत् ।

१२—दर्पणस्य भ्रमणम् :—

यदा कश्चिद् दर्पणः कस्मिश्चिद् कोणे भ्रमति तर्हि तेन परावर्तितः किरणः तदपेक्षया द्विगुणिते कोणे भ्रमति ।

कल्प्यं यत् 'य र' इत्येको दर्पणः यत्र 'अ म' इति किरणो निष्पतति परावर्तनोत्तरे च 'म स' इत्यस्यां दिशि निर्गच्छति । यदा दर्पणः कस्मिश्चिद् 'थ' इति कोणे परिभ्राम्यते तर्हि स 'गव' इति स्थितिं प्राप्नोति परावर्तितश्च किरणः 'मद' इत्यनेन मार्गेण निर्गच्छति । 'मन' इति 'म ल' इति च स्थित्योरुभयोर् अभिलम्बौ स्तः ।

यदा दर्पणो 'थ' इति कोणे घूर्णनं करोति तर्हि तस्य अभिलम्बोऽपि तस्मिन्नेव कोणे भ्रमति ।

अर्थात् ∠ नमल=थ

कल्प्यं यत् 'अ म' इति किरणः 'म न' इत्यभिलम्बेन सह 'आ' इत्यापतनकोणं विदधाति तर्हि परावर्तननियमेन,

∠ अमल=लमद=∠ आ + ∠ थ .... (१)

तथा च ∠ लमस=∠नमस—नमल=∠ आ—∠थ...... (२)

∴ लमद—∠ लमस=(∠ आ + ∠ थ)—(∠ आ—∠ थ)

अथवा ∠ लमद=२ थ

अतएव परावर्तितः 'मद' इति किरणः द्विगुणिते कोणे घूर्णिता जाता ।

अतिह्रस्वानां कोणानां मापनार्थं सिद्धान्तस्यास्य उपयोगः सैक्सटैण्टोपकरणे, धारा-मापके तथान्येषु च कतिपययन्त्रेषु क्रियते ।

प्रश्नाः

(१) परावर्तनस्य के नियमाः ? प्रयोगद्वारा तेषां परीक्षणं कथं क्रियते !

(२) प्रतिबिम्बमिति पदेन कः पदार्थो गृह्यते ? समतलदर्पणे तस्य स्थानं कुत्र भवति !

(३) पार्श्विकोत्क्रमणस्य (Lateral inversion) कोऽर्थः ?

(४) दर्पणद्वयं कस्मिंश्चिद् कोणे अवनतं वर्तते ? तद्दर्पणद्वयमध्ये कश्चिद् भस्वारः पदार्थो निहितः । साध्यं यत् ताभ्यां दर्पणाभ्यां विधीयमानाः प्रतिबिम्बाः वृत्तस्यैकस्य परिधौ विधीयन्ते ।

(५) बहुमूर्तिदर्शिनः (Kaleidoscope) कः सिद्धान्तः ? अस्मिन् कति प्रतिबिम्बाणि दृश्यन्ते ? सर्वेषां तेषां तीव्रता (Intensity) किं तुल्या भवति ?

(६) यदि चेद्दर्पणयोर्मध्ये ९०°, ६०° तथा ४५° इत्यंशकाः कोणाः स्युः तर्हि प्रतिबिम्बाणां संख्या का भविष्यति !

उ० ३, ५ तथाच ६ इति ।

(७) परावर्तनविसरणयोः किमन्तरम् ? उदाहरणेन निर्देश्यम् ।

(८) साधनीयं यत् स्वकीयं पूर्णं प्रतिबिम्बं द्रष्टुं दर्पणस्य न्यूनतमं दैर्घ्यं स्वकीयोच्छ्रित्यापेक्षया अर्धं अपेक्ष्यते ।

(९) साधनीयं यत् यदा कश्चिद् दर्पणो भ्राम्यते तर्हि ततः परावर्तितः किरणः दर्पणाद् द्विगुणिते कोणे भ्रमति ।

अध्याय : १५

गोलीयदर्पणैः प्रकाशस्य परावर्तनम्

१. गोलीयः दर्पणः (Spherical Mirror)

विगताध्याये समतलदर्पणानां वर्णनं कृतम् । कतिपयदर्पणाः एतादृशाः भवन्ति येषां तलानि गोलकेभ्य उत्कृत्य निर्वर्त्यन्ते अथवा तानि गोलीयतलस्य भागाः भवन्ति । ईदृशाः दर्पणाः गोलीयदर्पणा इत्यभिधीयन्ते । एते द्विप्रकारकाः भवन्ति । अवतलाः उत्तलाश्च ।

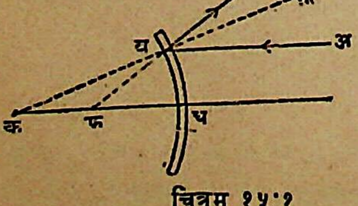
अवतदर्पणास्ते भवन्ति येषु परावर्तनं अवनताद् पार्श्वाद् भवति उत्तलदर्पणाश्चते भवन्ति यत्र परावर्तनं उद्गताद् पार्श्वाद् भवति । परावर्तनकारिणः तलस्य योमध्यबिन्दुः भवति स दर्पणस्य ध्रुवमित्यभिधीयते ।

गोलीयदर्पणः यस्य गोलकस्य भागो भवति तस्य केन्द्रो वक्रताकेन्द्र इति तस्य त्रिज्या च वक्रतात्रिज्या इत्यभिधीयेते । १५·१ इति १५·२ इत्येतयोः चित्रयोः 'क' इति बिन्दुः वक्रताकेन्द्रोऽस्ति 'क ध' इत्यन्तरालं च वक्रतात्रिज्यातुल्यम् वर्तते ।

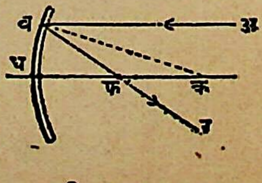
वक्रताकेन्द्रतः दर्पणध्रुवाच्च निर्गच्छन्ती रेखा मुख्याक्षम् (Principal axis) इति नाम्नाभिधीयते । प्रस्तुतयोः चित्रयोः 'ध क' इति मुख्याक्षम् ।

गोलीयदर्पणस्य लघुभागः समतलम् इति कल्पयितुं शक्यते । वक्रताकेन्द्रतः तद्भागं यावत् आकृष्यमाणा रेखा दर्पणे अभिलम्बरूपा भवति । अतएव प्रकाशपरावर्तनस्य ये नियमाः समतलदर्पणार्थं प्रमाणीकृताः तेषामेव साहाय्येन गोलीयदर्पणात् परावर्त्यमानानां किरणानां मार्गो निश्चेतुं शक्यते ।

प्रकृते प्रस्तुतयोः चित्रयोः उत्तलोऽवतलश्च उभयप्रकारकौ दर्पणौ प्रदर्शितौ । 'ध क' इति मुख्याक्षस्य समान्तरः 'अ ब' इत्येकः किरणः दर्पणे निष्पतति । 'ब' इति बिन्दोः 'क' इति वक्रताकेन्द्रेण संयोजिनीरेखा दर्पणेऽभिलम्बोऽस्ति तर्हि परावर्तननियमानुसारेण 'अ ब' इति किरणो 'ब र' इति मार्गात् परावर्तितो भवति उत्तलदर्पणे च ∠ 'अ ब न' इत्येकं कोणं ∠ 'न ब र' इति कोणतुल्यं विदधाति ।



चित्रम् १५·१



चित्रम् १५-२

अवतलदर्पणे 'व फ' इति परावर्तितकिरणः अग्रेसारणात् 'ध क' इति मुख्याक्षं 'फ' इति विन्दौ छिनत्ति उत्तलदर्पणाच्च परावर्तितः 'ख' इति किरणः पश्चभागे प्रसारणात् 'फ' इति विन्दौ छिनत्ति। 'फ' इत्ययं विन्दुः दर्पणस्य मुख्यफोकसम् (Principal facus) इति नाम्नाभिधीयते। 'फ' इति मुख्यफोकसात् दर्पणस्य 'ध' इति ध्रुवपर्यन्तस्य अन्तरालं फोकसान्तरालम् (focal length) इति नाम्नाभिधीयते।

१५'२ इति चित्रे ∟अ व क=∟व क फ (यतः अ व इति ध क इति च समान्तरौ स्तः)।

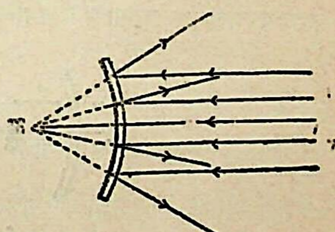
तथा च ∠अ व क=∠क व फ (परावर्तननियमेन)

∴ ∠व क फ=∠क व फ अथवा फ क=फ व

यदि 'व' इति बिन्दुः 'ध' इत्यस्य अतिनिकटे गृह्यते अर्थात् यदि दर्पणस्य मुख्यव्यासो न्यूनो भवेत् तर्हि 'ध क'='फ क' इति स्यात्।

अर्थात् फा = $\frac{\text{त्रा}}{२}$ यत्र 'फा' इति फोकसान्तरालं 'त्रा' इति च त्रिज्या स्तः।

यदि चेद् मुख्याक्षस्य समान्तरा अनेके किरणाः दर्पणे निष्पतेयुः तर्हिः परावर्तनांत्तरं ते सर्वे 'फ' इत्यत्र समवेता भवेयुः (अवतलदर्पणस्य अवस्थायां चित्रम् १५-४)। अथवा ते सर्वे 'फ' इत्येकस्मात् विन्दो निर्गच्छन्तीति प्रतीयन्ते। (उत्तलदर्पस्य अवस्थायां चित्रम् १५.३)।

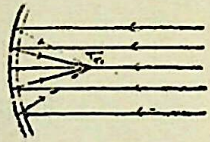


चित्रकम् १५-३

२—वास्तविकम् आभासिकञ्च प्रतिबिम्बे (Real and Virtual Images)

१५-४ इति चित्रेऽङ्कितेऽवतलदर्पणे मुख्याक्षस्य समान्तराः दर्पणे प्रतिफलन्तः किरणाः वस्तुतः 'फ' इति विन्दौ समवेताः भवन्ति। यदि चेद् दर्पणस्य मुखं सूर्याभिमुखं कृत्वा 'फ' इत्यस्योपरि किञ्चिद् कर्गदशकलं स्थाप्यते तर्हि तत्र सर्वेषामेषां किरणानां प्रकाश एकत्रीभवति तत्र च सूर्यस्य प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते। ईदृशं प्रतिविम्बवं वास्तविकं प्रतिविम्बमित्यभिधीयते। परन्तु उत्तलदर्पणे प्रतिफलन्तः सूर्यकिरणाः 'फ' इति बिन्दुतः केवलम् आगच्छन्तीति प्रतीयन्ते। 'फ इति' विन्दुः १५'३ इति चित्रे दर्पणस्य पश्चभागे वर्तते। यतः तत्स्थानं यावत् कोऽपि किरणः गन्तुं न पारयति यत्र किञ्चिद् कर्गदशकलं स्थाप्यते तर्हि तदुपरि कोऽपि प्रकाशो न प्रतिफलति। यदि चेत् परावर्तिताः किरणाः पश्चभागे वर्ध्यन्ते तर्हि ते 'फ' इत्यत्र गत्वा मिलन्ति नेत्रञ्च संप्राप्य 'फ' इत्यतः

आगच्छन्तीति प्रतीयन्ते । अतएव 'फ' इति विन्दुः अवश्यमेव सूर्यस्य प्रतिविम्बमस्ति । किन्तु केवलम् आभासिकं प्रतिविम्बं भवति न तु वास्तविकम् इत्थमेव समतलदर्पणेन निर्वर्तितं प्रतिविम्बम् आभासिकं भवति :

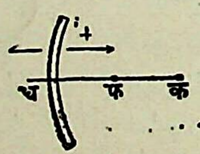


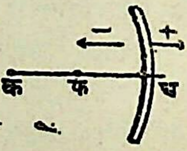
चित्रम् १५-४

३—घनात्मकं ऋणात्मकञ्चान्तरालम् (Positive and Negative Distances)

गोलीयदर्पणेषु वस्तुनः प्रतिविम्वादीनां स्थितिं निश्चेतुं अन्तरालानां मापनं दर्पणस्य ध्रुवात् क्रियते । आपतितालोकस्य विपरीतायां दिशि यानि अन्तरालानि माप्यन्ते तानि धनात्मकानि (Positive) यानि च तस्यामेव दिशि माप्यन्ते तानि ऋणात्मकानि (Negative) इत्यभिधीयन्ते ।

एतन्नियमानुसारेण अवतलदर्पणस्य वक्रतात्रिज्या फोकसान्तरालञ्च धनात्मके उत्तलदर्पणस्य च ऋणात्मके भवन्ति ।





अवतल दर्पणः   उ. लदर्पणः

वस्तूनां प्रतिविम्वाणि   चित्रम् १५-५   १५-६

कस्यचिद् विन्दोः प्रतिबिम्बस्थानं तस्य प्रकृतिश्च परिज्ञातुं निम्नाङ्कितेन किरणत्रयेण कार्यं क्रियते :—

(१) किरणो यः दर्पणे मुख्याक्षस्य समान्तरभावेन प्रतिफलति किरणोऽयं परावर्तनोत्तरं फोकसतः निर्गच्छति अथवा तत आगच्छतीति प्रतीयते ।

(२) किरणो यः वक्रताकेन्द्रात् परिसरति परावर्तनोत्तरञ्च भूयः तेनैव मार्गेण परावर्तितो भवति ।

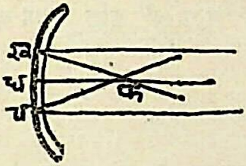
(३) किरणो यः मुख्यफोकसतः निर्गच्छति परावर्तनोत्तरञ्च मुख्याक्षस्य समान्तरभावेन गच्छति । त्रयाणामेषां किरणानां किरणद्वयेन प्रतिविम्वनिर्माणकार्यं क्रियते ।

५—चित्राङ्कनं कृत्वा प्रतिबिम्बनिर्माणम् :—

(१) अवतलदर्पणेन

(अ) वस्तु यदा अनन्त्यां तिष्ठति

वस्तुनः शीर्षाभ्यां आगच्छन्तः किरणाः दर्पणात् परावर्तिताः भूत्वा 'फ' इति फोकसे मिलन्ति । अतएव **प्रतिबिम्बं वस्तुतः विपरीतं अतिलघु च भवति ।**



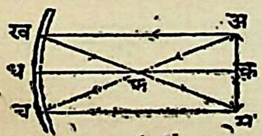
चित्रम् १५.७

(ब) यदा वस्तु अनन्त्याः वक्रताकेन्द्रस्य च मध्ये तिष्ठति ।

कल्प्यं यत् 'अ व' इति किञ्चिद् वस्तु 'क' इति वक्रताकेन्द्रात् दूरे मुख्याक्षस्य लम्ब-रूपेण स्थापितम् । 'अ' इति बिन्दुतः निर्गच्छन् यः किरणः 'अ ख' इति मुख्याक्षस्य समा-न्तरोऽस्ति स परावर्तनोत्तरं 'फ' इति फोकसतः निर्गमिष्यति । 'अक' इति द्वितीयश्च किरणः यः वक्रताकेन्द्रतः निर्गच्छति तेनैव मार्गेण परावर्तितो भविष्यति । उभावेतौ अन्योन्यं स इति बिन्दौ छिन्तः । 'स' इत्यतः 'ध क' आकृष्यते चेत तर्हि 'स द' इति 'अव' इति वस्तुनः प्रतिबिम्बं भवति । दशायामस्यां **प्रतिबिम्बं वास्तविकं विपरीतं** वस्तुनश्च लघुतरं भवति ।

यदा वस्तु वक्रताकेन्द्रे तिष्ठति ।

कल्प्यं यत् 'अ क' इति वस्तु 'क' इति वक्रताकेन्द्रे वर्तते । 'अ' इत्यतः निर्गच्छन् 'अ ख' इति किरणः योऽक्षस्य समान्तरोऽस्ति परावर्तनोत्तरं 'फ' इत्यतः परिसरिष्यति-

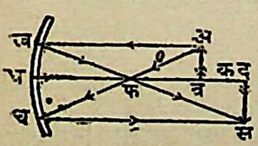


चित्रम् १५.८

द्वितीयश्च 'अ फ च' इति किरणः यो 'फ' इत्यतः निर्गच्छति परावर्तनोत्तरं अक्षस्य समान्तरो भविष्यति। उभावेतौ किरणौ 'स' इत्यत्र मिलतः। 'स' इत्यतः अक्षे यः लम्ब आकृष्टः स 'क' इत्यत्र मिलति तर्हि 'स क' इति 'अक' इत्यस्य वस्तुनः प्रति-बिम्बं भवति । **प्रतिबिम्बमिदं वास्तविकं, विपरीत वस्तुनश्च समं भविष्यति ।**

(द) यदा वस्तु वक्रताकेन्द्रस्य फोकसस्य च मध्ये तिष्ठति ।

कल्प्यं यत् 'अब' इति वस्तु 'फ' इति फोकसस्य 'क' इति वक्रताकेन्द्रस्य च मध्ये वर्तते ।



चित्रम् १५.९

'अ' इत्यतः निर्गच्छन् 'अ ख' इति किरणः यो मुख्याक्षस्य समान्तरोऽस्ति परावर्तनोत्तरं 'फ' इति फोकसात् निर्गमि-ष्यति 'अ फ च' इति द्वितीयश्च किरणः यः 'फ' इति फोक-सतः निर्गच्छति परावर्तनोत्तरं अक्षस्य समान्तरो भविष्यति । इत्थं 'अ व' इत्यस्य 'स द' इति प्रतिबिम्बं भविष्यति यत् **वास्तविकं विपरीतं वस्तु-नश्च बृहत्तर भविष्यति ।**

अपतलदर्पणार्थं या, वा, फा इत्येतेषु सम्बन्धः

यदि चेद् दर्पणो लघुः स्यात् तर्हि तस्य 'ख ध च' इति भागः प्रायशः ऋजुभावस्थोऽवधारितुं शक्यते। तस्यां दशायां 'ख फ ध' इति 'स फ द' इति चोभौ त्रिभुजौ समरूपौ भविष्यतः।

अतएव $\frac{\text{स द}}{\text{ध ख}} = \frac{\text{फ द}}{\text{फ ध}}$ ———(१)

त्रिभुजौ 'ध च फ' इति 'अ व फ' इति च समरूपौ स्तः

अतएव $\frac{\text{ध च}}{\text{अ व}} = \frac{\text{ध फ}}{\text{फ व}}$ ———(२)

∴ ध च=स द तथा अ व=ख ध, अतएव (१) इत्यस्य (२) इत्यस्य दक्षिणपार्श्वस्थे राशी अतितुल्ये स्तः

∴ $\frac{\text{फ द}}{\text{ध फ}} = \frac{\text{ध फ}}{\text{फ व}}$

∴ ध फ = फा, फद = वा − फा, तथाच फव = या − फा यत्र या = दर्पणात् वस्तुनोऽन्तरालम्

वा = दर्पणात् प्रतिविम्बस्यान्तरालम्

अतएवास्य अवधारणात्

$$\frac{\text{वा} - \text{फा}}{\text{फा}} = \frac{\text{फा}}{\text{या} - \text{फा}}$$

अथवा या वा − फा या − फा वा + फा^{2} = फा^{2} अथवा फा या + फा वा = या वा

उभयत्र या, वा, फा इत्येभिः विभजनात्

$$\frac{1}{\text{या}} + \frac{1}{\text{वा}} = \frac{1}{\text{फा}}$$

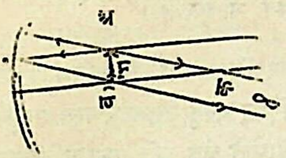
यदि चेद् या, वा फा इत्येतेषां स्थानेषु क्रमेण u, v, f इति लिख्यन्ते तर्हि

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}.$$

(य) यदा वस्तु मुख्यफोकसे वर्तते

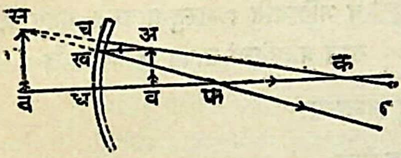
कल्प्यं यत् "अ व" इति दर्पणस्य फोकसे तिष्ठति। "अ इत्यतो निर्गच्छन् अक्षसमान्तरः "अ ख" इति किरणः परावर्तनोत्तरं "फ" इत्यतः निर्गमिष्यति "अ द" इति किरणश्च, यो दर्पणे लम्बरूपेण प्रतिफलति, परावर्तनोत्तरं "क" इति वक्रताकेन्द्रतः निर्गमिष्यति। इत्थं किरणावुभौ समान्तरौ भविष्यत अनन्त्यां (infinity) च मिलिष्यतः।

अतएव प्रतिबिम्बं वास्तविकं, विपरीतं अत्यधिकबृहच्च भविष्यति।



(५) यदा वस्तु फोकसस्य दर्पणस्य च मध्ये तिष्ठति

चित्रम् १५.१०



चित्रम् १५.११

कल्प्यं यत् "अब" इति वस्तु "फ" इति फोकस्य दर्पणस्य च मध्ये तिष्ठति। "अ" इत्यतः निर्गच्छन् अक्षसमान्तरः "अ ख" इति किरणः परावर्तनोत्तरं "फ" इत्यतः "अ च" इति द्वितीयश्च किरणः परावर्तनोत्तरं "क" इति वक्रताकेन्द्रतः निर्गमिष्यति। प्रसारणात् उभावेतौ किरणौ दर्पणस्य पश्चभागे "स" इत्यत्र मिलिष्यतः **"सद" इति च आभासिकं सरलं वस्तुनः बृहद् प्रतिबिम्बं भविष्यति।**

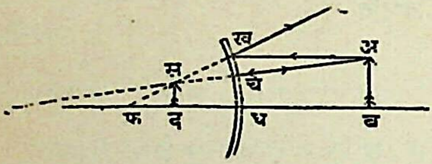
अवतलदर्पणैः निर्वतितानां प्रतिबिम्बाणां विषये उपरिवर्तिभ्यः चित्रेभ्यः उपलब्धानि फलानि संक्षेपेण निम्नांकितसारिणीक्रमेण लिखितुं शक्यन्तेः—

वस्तुनः स्थितिः	प्रतिबिम्बस्थितिः	चित्रं द्रष्टव्यम्	प्रतिबिम्बस्य प्रकृतिः
१—अनन्त्यां	मुख्यफोकसे	१५.६	वास्तविकं विपरीतं अतिशयलघु च
२—वक्रताकेन्द्रात् दूरे	मुख्यफोकसस्य वक्रताकेन्द्रस्य च मध्ये	१५.७	वास्तविकं विपरीतं लघु च
३—वक्रताकेन्द्रे	वक्रताकेन्द्रे	१५.८	वास्तविकं विपरीतं तुल्यञ्च।
४—वक्रताकेन्द्रस्य फोकसस्य च मध्ये	वक्रताकेन्द्रस्य अनन्त्याश्च मध्ये	१५.९	वास्तविकं विपरीतं बृहच्च
५—मुख्यफोकसे	अनन्त्यां	१५.१०	वास्तविकं विपरीतं अतिबृहञ्च
६—मुख्यफोकसस्य दर्पणस्य च मध्ये	दर्पणस्य पृष्ठभागे	१५.११	आभासिकं ऋजु बृहच्च

(२) उत्तलदर्पणेन

कल्प्यं यत् "अ ब" इति वस्तु उत्तलदर्पणस्यैकस्य सम्मुखे निहितं, तर्हि 'अ' इत्यतः अक्षसमान्तररूपेण निर्गच्छन् "अ ख" इति किरणः परावर्तनोत्तरं "फ" इत्यत आगच्छन् प्रतीयते। "अ च" इति द्वितीयश्च किरणः यो "क" इति वक्रताकेन्द्रस्य दिशि गच्छति परावर्तनोत्तरं तेनैव मार्गेण परावर्तितो भविष्यति "क" इत्यतश्च आगच्छन्निव

ज्ञास्यते। किरणावुभौ दर्पणस्य पृष्ठभागे "स" इति बिन्दौ परस्परं छिन्तः। अतएव "स द" इति आभासिकं ऋजु वस्त्वपेक्षया च लघु प्रतिबिम्बं भविष्यति।



चित्रम् १५-१२

उपरिदर्शितरीत्या चित्राङ्कनं कृत्वा प्रदर्शनीयं यत् वस्तु उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे क्वापि स्थाप्यते चेत् तर्हि तस्य प्रतिबिम्बं सदा आभासिकं ऋजु वस्त्वपेक्षया ह्रस्वं च भविष्यति। वस्तु यावद्दूरे अपसरति तस्य प्रतिबिम्बं तावद् ह्रस्वं भवति।

६—उत्तलदर्पणार्थं या, वा, फा इत्येतेषु सम्बन्धः

'अ क ब' इति 'स क द' इति च त्रिभुजौ समरूपौस्तः

$$\text{अतएव}\quad \frac{\text{अ ब}}{\text{स द}}=\frac{\text{क ब}}{\text{क द}}=\frac{\text{२फा}+\text{या}}{\text{२फा}-\text{वा}}\ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots(१)$$

'फ ख ध' इति 'फ स द' इति च त्रिभुजौ समरूपौ

$$\text{अतएव}\quad \frac{\text{ख ध}}{\text{स द}}=\frac{\text{ध फ}}{\text{फ द}}=\frac{\text{फा}}{\text{फा}-\text{वा}}\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots(२)$$

$\because$ अ ब = ख ध, अतएव (१) इति (२) इति च तुल्यौ स्तः

$$\therefore \frac{\text{२ फा}+\text{या}}{\text{२ फा}-\text{वा}}=\frac{\text{फा}}{\text{फा}-\text{वा}}$$

अथवा $\text{२ फा}^{२}+\text{फा या}-\text{२ फा वा}-\text{या वा}=\text{२ फा}^{२}-\text{वा फा}$

अथवा फा या − फा वा = या वा, उभयत्र या, वा, फा इत्येभिः

विभजनात्

$$\frac{१}{\text{वा}}-\frac{१}{\text{या}}=\frac{१}{\text{फा}}$$

सूत्रस्यास्य निष्कर्षणे 'वा' इत्यस्य 'फा' इत्यस्य च चिह्नानां किमपि ध्यानं न कृतम् केवलं तयोः संख्यात्मके माने गृहीते। किन्तु यदि 'वा' इति 'फा' इति च ऋणात्मके इति कल्प्येते तर्हि सूत्रम् :—

$$\frac{१}{\text{या}}+\frac{१}{\text{वा}}=\frac{१}{\text{फा}}\ \text{इति भविष्यति}$$

या, वा, फा इत्येतेषां स्थाने क्रमशः u, v, f इत्येतेषां लेखनेन सूत्रम्

$$\frac{१}{u}+\frac{१}{v}=\frac{१}{f}\ \text{इति भविष्यति।}$$

अतएव उत्तलदर्पणस्य कृते तदेव सूत्रम् अस्ति यत् अवतलदर्पणार्थं प्रयुज्यते । परन्तु उत्तलदर्पणस्य सूत्रे वा, फा इत्येतयोः पूर्वे ऋणात्मकं चिह्नं स्थाप्यते ।

७—संयुग्मिकं फोकसम् (Conjugate Foci)

१५-७ चित्रे 'अ व' इति वस्तु 'स द' इति च तस्य प्रतिविम्बम् अस्ति । किन्तु, यदि 'स द' इति वस्तुरूपेण कल्प्यते तर्हि 'अ व' इति तस्य प्रतिविम्बं भविष्यति । अतएव वस्तुनः प्रतिविम्बस्य च स्थितिः परस्परं परिवर्तनीये भवतः ।

इत्थं विन्दुद्वयं, यन्मध्ये यदि कोऽपि पदार्थः वस्तुरूपेण कल्प्यते तर्हि द्वितीयः तस्य प्रतिविम्बं स्यात्, संयुग्मिकं फोकसम् इत्यभिधीयते ।

८—आवर्धनम् (Magnification)

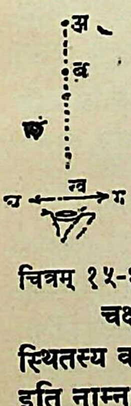
कस्यचिद् वस्तुनः प्रतिविम्बस्य आकारो तद्वस्तुनः आकारापेक्षया यावद्गुणिताधिको भवति स प्रतिविम्बाकारवर्धनम् इत्यभिधीयते ।

$$\text{आवर्धनम्} = \frac{\text{प्रतिविम्बस्याकारो}}{\text{वस्तुन आकारो}}$$

$$= \frac{\text{वा}}{\text{या}} = \frac{v}{u}$$

९—गोलीयदर्पणानां फोकसान्तरालस्य परिलम्बनस्य सिद्धान्तः (Principle of Parallex)

दर्पणानां फोकसान्तरालम् उपलब्धुं प्रत्येकप्रयोगे सिद्धान्तस्यास्य आवश्यकता भवति । अतएव फोकसान्तरालस्य परिज्ञानात् पूर्वं सिद्धान्तस्यास्य परिज्ञानम् अत्यावश्यकम् ।



कल्प्यं यत् 'अ' इति 'ब' इति च केचिद् द्वे वस्तुनी ये 'ख' इति चक्षुषा अवलोकनेन एकस्यां ऋजुस्थित्यां प्रतीयेते । यदि 'अ ब' इति 'अ ख' इत्यस्य लम्बरूपेण इतस्ततोऽपसार्यते तर्हि 'अ' इति वस्तु यद् चक्षुषोऽधिकदूरे स्थितं 'ब' इत्यस्य अपेक्षया तस्यामेव दिशि अपसरद् प्रतीयते यत्र चक्षुः अपसार्यते 'ब' इति वस्तु च यद् तदपेक्षया चक्षुषोऽल्पदूरे वर्तते, विपरीतायां दिशि गच्छद् प्रतीयते ।

चित्रम् १५-१३

चक्षुष इतस्ततश्चालनात् चक्षुषा सह एकस्यामेव सरलरेखायां स्थितस्य वस्तुद्वयस्य मध्ये यत् स्थानान्तरं भवति तत्तु लम्बनम् (Parallax) **इति नाम्नाभिधीयते** । यदि चेद् वस्तुनोः स्थितिरेकैव स्यात् अर्थात् ते उभे चक्षुषः एकस्मिन्नेवान्तराले स्याताम् तर्हि तयोर्द्वयोर्मध्ये किमपि लम्बनं न तिष्ठति एतद्विलोमरूपञ्च भवति । यदा वस्तुद्वयस्य मध्ये किमपि लम्बनं न प्रतीयेत तर्हि तयोर्द्वयोः स्थितिः एकैव भवति ।

फोकसान्तरालस्य उपलब्धिविषयकेषु प्रयोगेषु कीलिकाया एकस्याः प्रतिविम्बं द्वितीयायाश्च कीलिकायाः मध्यस्थितं लम्बनम् अपसार्यते । प्रथमं दर्पणेन निर्वर्तितं एकस्याः कीलिकायाः प्रतिविम्बम् अवलोक्यते भूयश्च अन्यस्याः कीलिकायाः स्थितिः इत्थं निर्धार्यते यत् द्वितीयस्याः कीलिकायाः प्रथमायाश्च कीलिकायाः प्रतिविम्बे किमपि लम्बनं न भवेत् ।

समायोजनेऽस्मिन् अत्यधिकं सारल्यं स्यात् यदि चेद् तथ्यमिदं विचार्यते यत् **यद्वस्तु चक्षुषोऽधिकदूरे तिष्ठति तद् अल्पदूरस्थितवस्त्वपेक्षया तस्यामेव दिशि अपसरत् प्रतीयते यस्यां दिशि चक्षुः अपसार्यते ।**

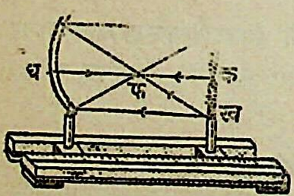
अवतलदर्पणस्य फोकसान्तरालोपलब्धिः

(अ) सूर्यस्य साहाय्येन

दर्पणमुखं सूर्याभिमुखं कृत्वा एककर्गदशकलद्वारा परावर्तितानां किरणानाम् एकत्रीभावस्य विन्दुः ज्ञातव्यः दर्पणाच्च तस्य वस्तुनोऽन्तरालं माप्यं तर्हि फोकसान्तरालम् उपलभ्यते यतः सूर्याद् आगन्तुकाः किरणाः फोकसे एव समागत्य मिलन्ति ।

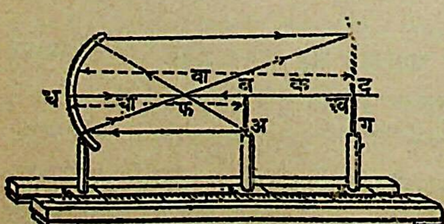
(आ) एककीलिकारीत्या

यदि किमपि वस्तु अवतलदर्पणस्य वक्रताकेन्द्रे स्यात् तर्हि तस्य प्रतिविम्बमपि वक्रताकेन्द्रे एव निर्वर्त्यते । अतएव प्रकाशकफलके (Optical bench) अवतलदर्पणमेकं संस्थाप्य तस्य सम्मुखे आधारे सन्निविष्टैका कीलिका स्थाप्यते । कीलिकोच्छ्रितिः तावन्मात्रिका स्यात् यत् तस्याः अग्रभागो दर्पणस्य मध्यभागं यावत् व्याप्नुयात् । तदनु कीलिकाप्रतिविम्बस्य कीलिकायाश्च मध्ये लम्बनम् अपसार्यते । यदा कीलिकायां तस्या प्रतिविम्बे च आपेक्षिकापसारणं न भवति तर्हि कीलिका दर्पणस्य वक्रताकेन्द्रे तिष्ठति । दर्पणात् कीलिकाया अन्तरालं परिमाप्य तदर्धीक्रियते चेद् तर्हि फोकसान्तरालम् उपलभ्यते ।



चित्रम् १५.१४

(इ) कीलिकाद्वयरीत्या



चित्रम् १५.१५

उपर्युक्तप्रयोगवत् एकस्मिन् प्रकाशकफलके अवतलदर्पणः कीलिकैका च सन्निवेश्या कीलिकायाश्च प्रतिविम्बं दर्पणे द्रष्टव्यम् । यदि चेद् प्रतिविम्बं वृहद् ऋजु चावलोक्यते तर्हि कीलिका दर्पणाद् अधिकदूरे तावदपसार्या यावत् प्रति-

बिम्बं वैपरीत्येन अवलोक्यते । भूयश्च कीलिकामन्यामेकाम् आदाय प्रथमकीलिकायाः प्रतिबिम्बस्य द्वितीयकीलिकायाश्च मध्यवर्ति लम्बनम् अपसार्यम् । यदा द्वयोर्मध्ये लम्बनं न स्यात् तर्हि दर्पणात् प्रथमकीलिकायाः द्वितीयाकीलिकायश्च अन्तराले मापनीये । यदि चेद् प्रथमकीलिकायाः अन्तरालं 'या' इति द्वितीयकीलिकायाश्च 'वा' इति भवेत् तर्हि

$$\frac{१}{\text{या}} + \frac{१}{\text{वा}} = \frac{१}{\text{फा}}$$ सूत्रस्यास्य साहाय्येन 'फा' इत्यस्य ज्ञानं कर्तव्यम् ।

प्रयोगेऽस्मिन् प्रथमकीलिकायाः प्रतिबिम्बं द्वितीयकीलिकया द्वितीयकीलिकायाश्च प्रतिबिम्बं प्रथमकीलिकया मिलति यत्र उभे संयुग्मिके फोकसे (Conjugate foci) तिष्ठतः । अतः कीलिकाया एकस्या अग्रभागे कर्गदशकलम् आरोप्य तस्य प्रतिबिम्बस्य द्वितीयकीलिकायाश्च अग्रभागस्य मध्ये वर्तमानं लम्बनम् अपसार्यते ।

एतत्प्रयोगार्थं यदि अन्धकारावृतः कक्ष उपलभ्यो भवेत् तर्हि कीलिकास्थाने द्रावकवर्तिकैका संघृष्टशीशकमया तिरस्करिणी च प्रयोज्ये भवतः

१०—अवतलोत्तलसमतलदर्पणानां परिज्ञानं तस्योपयोगश्च ।

यदि चेद् अवतलदर्पणस्य गभीरता उत्तलदर्पणस्य उद्गतिश्च अधिका स्यात् तर्हि अवलोकनेन परिज्ञातुम् शक्यते । परन्तु यदि तेषां वक्रतात्रिज्या अधिका स्यात् तर्हि अवलोकनेन ते प्रायशः समतलाः प्रतीयन्ते । ईदृश्याम् अवस्थायां दर्पणैः निर्वर्तितानां प्रतिबिम्बानां आकारेण तेषां प्रकृत्या च दर्पणस्य परिज्ञानम् कर्तुं शक्यते । सम्मुखं दर्पणसकाशे संस्थाप्य दर्पणे स्वकीयं प्रतिबिम्बं द्रष्टव्यम् । यदि चेद् **प्रतिबिम्बं मुखाकृतिसदृशं भवेत् तर्हि दर्पणः समतलीयः, यदि मुखाकृत्यपेक्षया बृहद् ऋजु च स्यात् तर्हि अवतलः तथाच यदि लघु ऋजु च स्यात् तर्हि दर्पण उत्तलो भविष्यति ।** यदि चेद् दर्पणात् पर्याप्तदूरेऽपि मुखे संस्थापिते प्रतिबिम्बं सरलं तदाकारकं चैव दृश्यते तर्हि दर्पणः समतलो भवति । यदि चेद् लघु बृहद्वा किन्तु वैपरीत्येन दृश्यते तर्हि दर्पणोऽवतलो भवति ।

(१) समतलदर्पणस्य उपयोगः

समतल दर्पणस्य उपयोगः मुखादिकं द्रष्टुं क्रियते । एकस्मिन् समीचीने दर्पणे निम्नाङ्कितगुणाः भवन्ति ।

(अ) तलद्वयं समतलं भवेत् ।

(ब) स्थौल्यम् अल्पं एकसदृशं च स्यात् ।

(स) तस्य पृष्ठभागे रजतोपलेपः स्यात् ।

यदि चेद् मुखदर्शनार्थं प्रयुज्यमाणदर्पणः समतलो न स्यात् तर्हि तस्मिन् क्वचिद् अवतलत्वं (Concavity) क्वचिच्च उत्तलत्वं (Convexity) अवश्यं स्याताम् । अतएव वस्तुनः विभिन्नभागानाम् आवर्धनम् (magnification) एकसदृशं न भवेत् प्रतिबिम्बश्च विकृतं (distorted) प्रतीयेत । दर्पणस्थौल्यस्य एकसादृश्याभावेऽपि

कयोरपि द्वयोः परावर्तिनोः किरणयोर्मध्यवर्ती कोणः संगत्यापतितकिरणयोर्मध्यवर्तिनः कोणात् भिन्नो भविष्यति । अनेनापि कारणेन प्रतिबिम्बं विकृतं प्रतीयते ।

कस्यचिद् समतलदर्पणस्य तलं परीक्षितुं स दर्पणः क्षैतिजावस्थायां (horizontal) हस्तेन गृह्यते तस्मिंश्च लौहदण्डकानाम् अथवा अन्यस्य कस्यचिद् ऊर्ध्वाधरवस्तुनः प्रतिबिम्बं दृश्यते । यदि चेद् प्रतिबिम्बमिदं ऋजुभावापन्नं दृश्यते तर्हि दर्पणः समतलो भवति, यदि चेद् प्रतिबिम्बं वक्रतरङ्गाकारकं वा दृश्यते तर्हि दर्पणः समतलो न भवति ।

(२) अवतलदर्पस्य उपयोगः

अधिकवक्रतात्रिज्यीयस्य अवतलदर्पणस्य उपयोगः क्षौरकर्मणि क्रियते । क्षौरकर्मिके विशिष्टाकारके दर्पणे एकस्मिन् पार्श्वे समतलः द्वितीये च अवतलः सन्निविष्टो भवति । प्रथमं समतलदर्पणेऽवलोक्य क्षुरेण केशाः उत्कृत्यन्ते तदनु उत्तलदर्पणः सम्मुखे स्थाप्यते । दर्पणस्यास्य वक्रतात्रिज्या तयाच सहैव फोकसान्तरालमपि अधिकं भवति । अतएव मुखात् दर्पणपर्यन्तस्यान्तरालं फोकसान्तरालापेक्षया न्यूनं भवति येन दर्पणे सरलं अतिवृहच्च प्रतिबिम्बं दृश्यते । यदि चेद् क्वचित् केशमूलानि अवशिष्टानि भवन्ति तर्हि तानि दर्पणेऽतिस्थूलानि प्रतीयन्ते । क्षुरेण तानि अपसार्यन्ते ।

अवतलदर्पणानां उपयोगः परावर्तकवद् क्रियते । मोटरदीपकेषु, टार्चेषु, द्विचक्रिकादीपकेषु च तेषु सर्वेषु स्थानेषु यत्राधिकप्रकाशक्षेपोऽपेक्ष्यते अवतलपरावर्तकाणां उपयोगः क्रियते ।

रेलयन्त्राणां, जलयानानां वायुयानानाञ्च सम्मुखे योऽतितीव्रप्रकाशकः (Search-Light) सन्निविष्टो भवति तत्र परवलयाकारपरावर्तकाः (Parabolic reflectors) संयुक्ताः भवन्ति दीपकश्च तस्य फोकसात् किञ्चिदल्पान्तराले तिष्ठति येन परावर्तितः प्रकाशः इतस्ततः प्रसारं न कृत्वा दूरपर्यन्तं गच्छति ।

अवतलपरावर्तकाः अनेकेषु भौतिकयन्त्रेषु प्रयुज्यन्ते । चिकित्सको यदा गलबिलाक्षिकर्णनासिकादीनाम् आभ्यन्तरिकाङ्गाणां परीक्षणं कर्तुम् इच्छति तर्हि प्रकाशस्य तीव्रकिरणाः लघ्ववतलदर्पणात् परावर्त्य अभ्यन्तरे प्रक्षिप्यन्ते तदङ्गानि च सम्यक्तया अवलोक्यन्ते । यत्र कुत्रापि सीमिते क्षेत्रफले तीव्रप्रकाशक्षेपस्यावश्यकता भवति तत्र अवतलपरावर्तकः प्रयुज्यते प्रकाशस्रोतश्च तस्य फोकसोपरि स्थाप्यते ।

(३) उत्तलदर्पणस्य उपभोगः

उत्तलदर्पणेन निर्वर्तितं प्रतिबिम्बं वस्त्वपेक्षया लघु भवति । अतएव अत्यधिके दूरे विस्तृवस्तूनां प्रतिबिम्बम् एकस्मिन् लघुतले दर्पणे दृश्यते । अर्थात् उत्तलदर्पणस्य क्षेत्रदृष्टिर् (field view) अतिवृहद् भवति । अस्मादेव हेतोः एकः उत्तलदर्पणः मोटरयानेषु नियामकसम्मुखे तिष्ठति यस्मिन् आगन्तुकयानानां प्रतिबिम्बाणि दृश्यन्ते । उत्तलदर्पणेन प्रकाशोऽधिके क्षेत्रफले प्रसार्यते । अतएव राजमार्गेषु विद्युद्दीपकेषु उत्तलपरावर्तकाः (convex reflector) प्रयुज्यन्ते ।

उदाहरणम्—एकं वस्तु १० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकस्य अवतलदर्पणस्य सम्मुखे ३० सेण्टीमीटरपरिमितेऽन्तराले स्थाप्यते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं कुत्र कथञ्च विधीयते ?

∵ या=३० से० मी०, फा=१० से० मी०, वा=?

$\therefore \frac{१}{या}+\frac{१}{वा}=\frac{१}{फा}$

अथवा $\frac{१}{३०}+\frac{१}{वा}=\frac{१}{१०}$

अथवा $\frac{१}{वा}=\frac{१}{१०}-\frac{१}{३०}$

अथवा वा=१५ से० मी० । इत्युत्तरः ।

'वा' इत्यस्य मानं धनात्मकमस्ति, अतएव प्रतिविम्बं दर्पणस्य तस्मिन्नेव पार्श्वे निर्वर्त्यते यस्मिन् वस्तु निहितमस्ति ।

$\therefore$ आवर्धनम्$=\frac{\text{प्रतिविम्बस्य आकारः}}{\text{वस्तुनः आकारः}}=\frac{वा}{या}=\frac{१५}{३०}=\frac{१}{२}$

∴ प्रतिविम्बं आकारे वस्त्वर्धं भवति । दर्पणाच्च १५ सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्त्यते । इत्युत्तरः

उदाहरणम् (२) कुतश्चिद् अवतलदर्पणात् कियद्दूरे किमपि वस्तु स्थाप्येत यत् प्रतिविम्बाकारो वस्त्वाकारार्द्धतुल्यो स्यात् ।

$\because \frac{वा}{या}=\frac{१}{२}$ अथवा २ वा=या

$\therefore \frac{१}{या}+\frac{१}{वा}=\frac{१}{फा}$

अथवा $\frac{१}{या}+\frac{२}{या}=\frac{१}{फा}$ यतः $\left(वा=\frac{या}{२}\right)$

∵ या=३फा, अतएव दर्पणात् त्रिगुणितफोकसान्तराले वस्तु संस्थाप्यम् । इत्युत्तरः ।

उदाहरणम् (३) एकस्मात् अवतलदर्पणात् १८ सेण्टीमीटरान्तराले काचिद् द्रावकवर्तिका निहिता । तस्याः प्रतिविम्बं द्रावकवर्त्तिकापेक्षया त्रिगुणितं विपरीतञ्च निर्वर्त्यते तर्हि दर्पणस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ।

∵ आवर्धनम्$=\frac{वा}{या}=३$

अथवा वा=३ या

किन्तु या=१८ से० मी०, अतएव वा=५४ से० मी० ।

$\because \frac{१}{या} + \frac{१}{वा} = \frac{१}{फा}$

अथवा $\frac{१}{१८} + \frac{१}{४५} = \frac{१}{फा}$

अथवा $\frac{२}{२७} = \frac{१}{फा}$

अथवा फा=१३·५ से० मी०। इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (४) कस्यचिद् उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे १० सेण्टीमीटरान्तराले वस्त्वेकं निधीयते तस्य प्रतिविम्वञ्च दर्पणस्य पृष्ठभागे दर्पणात् १५ सेण्टीमीटरान्तराले निर्वर्त्यते तर्हि दर्पणस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ?

$\because$ या=२० से० मी०, वा= – १५ से० मी०, फा=?

$\therefore \frac{१}{या} + \frac{१}{वा} = \frac{१}{फा}$

अथवा $\frac{१}{२०} - \frac{१}{१५} = \frac{१}{फा}$

अथवा $-\frac{१}{६०} = \frac{१}{फा}$

अथवा फा = – ६० से० मी०।

$\therefore$ उत्तलदर्पणस्य फोकसान्तरालम्= – ६० से० मी०। इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (५) – २० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य कस्यचिद् उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे दर्पणात् २० सेण्टीमीटरान्तराले वस्त्वेकं निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्वं कुत्र निर्वर्तितं भविष्यति ?

$\because$ या=२० से० मी०, फा= – २०; वा=?

$\therefore \frac{१}{या} + \frac{१}{वा} = \frac{१}{फा}$

अथवा $\frac{१}{२०} + \frac{१}{वा} = -\frac{१}{२०}$

अथवा $\frac{१}{वा} = -\frac{१}{२०} - \frac{१}{२०} = -\frac{१}{१०}$

अथवा वा = —१० से० मी०

अतएव दर्पणस्य पृष्ठभागे दर्पणात् १० से० मी० इत्यन्तराले प्रतिविम्वं निर्वर्तितं भविष्यति। इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (६) २० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य दर्पणस्य सम्मुखे दर्पणात् कियद्दूरे किमपि वस्तु निधीयेत यत् तस्य प्रतिविम्वं पृष्ठभागे दर्पणात् २५ सेण्टी-

मीटरान्तराले निर्वतितं स्यात् ।

फा= —२० सें० मी०, वा= —१५ सें० मी०, या=?

$$\frac{१}{या}+\frac{१}{वा}=\frac{१}{फा}$$

अथवा $\frac{१}{या}-\frac{१}{१५}=-\frac{१}{२०}$

अथवा $\frac{१}{या}=\frac{१}{१५}-\frac{१}{२०}=\frac{१}{६०}$

अथवा या=६० सें० मी० ।

∴ वस्तु दर्पणसम्मुखे दर्पणात् ६० सेण्टीमीटरान्तले निहितं स्यात् ॥ इत्युत्तरः ॥

प्रश्नाः

(१) परिभाषा कर्तव्याः—

दर्पणस्य वक्रताकेन्द्रस्य, मुख्याक्षस्य फोकसस्य व्यासस्य च ।

(२) दर्पणात् विभिन्नान्तरालेषु पदार्थं निधाय किरणान् च आकृष्य प्रतिविम्बनिर्माणं कर्तव्यं प्रत्येकावस्थायाञ्च प्रतिविम्बस्य प्रकृतिः निर्देश्या ।

(३) अवतलोत्तलयोरुभयप्रकारकयोर्दर्पणयोः कृते $\frac{१}{या}+\frac{१}{वा}=\frac{१}{फा}$ इति साधनीयम् । इदञ्चापि निर्देश्यं यत् ताभ्यां धनात्मक-ऋणात्मकान्तरालयोर् निर्धारणस्य के नियमाः सन्ति ?

(४) प्रयोगेण अवतलदर्पणानां फोकसान्तरालं कथं विज्ञायते ? चित्राङ्कनं कृत्वा स्वप्रयोगसिद्धान्तो व्याख्येयः ।

(५) यदि भवद्भ्यः समतलः अवतल उत्तलश्चेति त्रिप्रकारकाः दर्पणाः प्रदत्ताः स्युः तर्हि तेषु स्वमुखम् अवलोक्य भवद्भिः तेषां परिज्ञानं कथं क्रियये ?

(६) त्रिप्रकारकाः दर्पणाः अस्माकं दैनिके जीवने कुत्र प्रयुज्यन्ते किमर्थञ्च ?

(७) वस्त्वेकं अवतलदर्पणस्य सम्मुखे २४ सेण्टीमीटरान्तराले निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं दर्पणसम्मुखे दर्पणात् ८ सेण्टीमीटरान्तराले निर्वर्त्यते । दर्पणस्य वक्रतार्द्धव्यासो ज्ञातव्यः । (उ० १२ सें० मी०)

(८) अवतलदर्पणस्यैकस्य अर्द्धव्यासो ४० सेण्टीमीटरपरिमितोऽस्ति । कस्मिन् स्थाने वस्तु निधातव्यं येन प्रतिविम्बदैर्घ्यं तदपेक्षया त्रिगुणितं स्यात् ?

(उ० २६·६६ सें० मी०)

(९) कुतश्चिद् अवतलदर्पणात् २० सेण्टीमीटरान्तराले तत्समुखे वस्त्वेकं निधीयते यस्य प्रतिविम्बं दर्पणात् ३० सेण्टीमीटरान्तराले क्रमशः (१) तस्यामेव दिशि (२) दर्पणस्य

पृष्ठभागे च निर्वर्त्यते तर्हि दर्पणस्य फोकसान्तरालं उपलभ्यम् ।

(उ० १२ से० मी० ६० से० मी०)

(१०) कस्यचिदवतलदर्पणस्य फोकसान्तरालं २० सेण्टीमीटरपरिमितमस्ति । यदि ततः १५ सेण्टीमीटरान्तराले किञ्चिद्वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिबिम्बं कुत्र कथं वा निर्वर्त्यते ?

(११) कस्यचिद् अवतलदर्पणस्य फोकसान्तरालं १५ सेण्टीमीटरपरिमितम् अस्ति । यदि चेद् दर्पणसम्मुखे दर्पणात् २० सेण्टीमीटरपरिमितदूरे प्रतिबिम्बं निर्वर्त्यं तर्हि वस्तु कुत्र निधातव्यम् ? (उ० दर्पणात् ६० सेण्टीमीटरदूरे)

(१२) कुतश्चिद् अवतलदर्पणात् २० सेण्टीमीटरदूरे वस्तुस्थापनात् ६० सेण्टीमीटरदूरे प्रतिबिम्बं निर्वर्त्यते तर्हि दर्पणस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ।

(उ० १५ से० मी०)

(१३) यदि उपर्युक्ताद् दर्पणात् १० सेण्टीमीटरदूरे किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिबिम्बं कुत्र निर्वर्त्यते वस्त्वपेक्षया च तत् कियन्मात्रं बृहद् भवति ।

(उ० दर्पणस्य पृष्ठभागे, दर्पणात् ३० सेण्टीमीटरदूरे, ऋजु आभासिकं वस्त्वपेक्षया त्रिगुणितञ्च भविष्यति ।)

(१४) अवतलदर्पस्यैकस्य वक्रतात्रिज्या ३० सेण्टीमीटरपरिमिता अस्ति । यदि चेद् ततः २० सेण्टीमीटरदूरे किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिबिम्बं कुत्र निर्वर्त्स्यते तस्य प्रकृतिः आकारश्च निर्देश्यः ।

(उ० दर्पणसम्मुखे ६० सेण्टीमीटरदूरे, विपरीतं वास्तविकं वस्त्वपेक्षया च त्रिगुणितम् ।)

(१५) अवतलदर्पणस्यैकस्य फोकसान्तरालं १० सेण्टीमीटरपरिमितमस्ति । तस्य पृष्ठभागे तस्माच्च ६० सेण्टीमीटरान्तराले प्रतिबिम्बनिर्वर्तनार्थं वस्तु क्व निधातव्यम् ।

(उ० दर्पणसम्मुखे, दर्पणात् ९ सेण्टीमीटरदूरे)

(१६) अवतलदर्पणस्यैकस्य सम्मुखे वस्तुसंस्थापनात् त्रिगुणितं प्रतिबिम्बं निर्वर्त्यते तच्च दर्पणसम्मुखे ततः ६० सेण्टीमीटरदूरे तिष्ठति, तर्हि दर्पणस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ।

(उ० १५ सेण्टीमीटराणि)

(१७) ३० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य अवतलदर्पणस्य सम्मुखे किमपि वस्तु कियद्दूरे निधातव्यं येन तस्य आभासिकं प्रतिबिम्बं वस्त्वपेक्षया त्रिगुणितं भवेत् ।

(उ० २० से० मी०)

(१८) ३० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य अवतलदर्पणस्य सम्मुखे किमपि वस्तु कियद्दूरे निधातव्यं येन तस्य वास्तविकं प्रतिबिम्बं वस्त्वपेक्षया त्रिगुणितं स्यात् ?

(उ० ४० से० मी०)

(१९) कुतश्चिदुत्तलदर्पणात् १५ सेण्टीमीटरदूरे किमपि वस्तु निधीयते यस्य प्रतिबिम्बं

दर्पणात् १२ सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्त्यते। किरणानां मार्गस्याङ्कनं कृत्वा तन्निर्देश्यं, दर्पणस्य च फोकसान्तरालम् उपलभ्यम्। (उ० ६० से०मी०)

(२०) ३० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे ६० सेण्टीमीटरदूरे एकं वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं क्व तिष्ठति किम्प्रकारकञ्च विधीयते।
(उ० दर्पणस्य पृष्ठभागे २० सेण्टीमीटरदूरे, वस्त्वपेक्षया १/३, ऋजु आभासिकञ्च)

(२१) कस्यचिद् उत्तलदर्पणस्य फोकसान्तरालं ६० सेण्टीमीटरपरिमितम् अस्ति। यदि चेद् तत्सम्मुखे ३० सेण्टीमीटरदूरे वस्तु निधीयते तर्हि प्रतिविम्बं क्व कीदृशञ्च निर्मीयते ?
(उ० दर्पणस्य पृष्ठ भागे, २० सेण्टीमीटरदूरे, आभासिकं ऋजु, आकारे वस्त्सवपेक्षया २/३ इति)

(२२) ६० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे कियद्दूरे किमपि वस्तु निहितं स्यात् येन तस्य प्रतिविम्बं दर्पणस्य पृष्ठ भागे ततः २४ सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्तितं स्यात्। (उ० ४० से०मी०)

(२३) ३० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे वस्तुस्थापनात् आभासिकं प्रतिविम्बं वस्त्वपेक्षया १/३ इति निर्वर्त्यते तर्हि वस्तुनः प्रतिबिम्बांस्य च स्थिती ज्ञातव्ये। (उ० वस्तु दर्पणसम्मुखे ६० सेण्टीमीटरान्तराले, प्रतिबिम्बं च दर्पणस्य पृष्ठ भागे २० सेण्टीमीटरदूरे)

(२४) ५० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे वस्तुस्थापनात् आभासिकं प्रतिविम्बं वस्त्वपेक्षया १/५ इतिमात्रं निर्वर्त्यते तर्हि वस्तुनः प्रतिबिम्बस्य च स्थितीःज्ञातव्ये। (उ० वस्तु दर्पणसम्मुखे दर्पणात् २०० सेण्टीमीटरदूरे, प्रतिविम्बं दर्पणस्य पृष्ठभागे दर्पणात् ४० सेण्टीमीटरदूरे)।

(२५) २० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकस्य उत्तलदर्पणस्य सम्मुखे कियद्दूरे किमपि वस्तु निधातव्यं येन तस्य प्रतिबिम्बं आकारे वस्त्वपेक्षया अर्द्धं स्यात्।
(उ० ४० से० मी०)

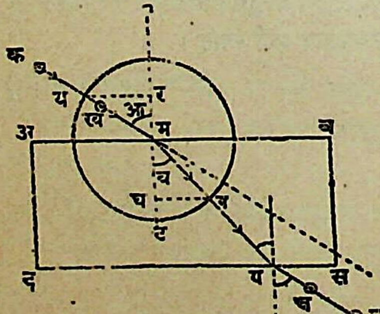
अध्याय : १६

समतलेषु प्रकाशस्य अपवर्तनम्

१. अपवर्तनं तस्य च नियमाः (Refractien and its Laws)

कस्मिंश्चिद् समाङ्गिनि माध्यमे प्रकाशो सरलरेखायां चलति। किन्तु यर्हि तस्य मार्गे कश्चिद् अन्यः पारदर्शकमाध्यमः समायाति तर्हि स स्वमार्गात् विचलति। विचलनम् (Deviation) इदं कस्याञ्चिद् दशायाम् अभिलम्बं प्रति कस्याञ्चिच्चावस्थायाम् अभिलम्बाद् दूरं प्रति भवति। प्रकाशस्य विचलनमिदं प्रकाशापवर्तनमित्यभिधीयते यस्मिंश्च माध्यमे किरणोऽभिलम्बं प्रति साचीभवति स **सघनो माध्यमः (Denser medium)**, यस्मिंश्च अभिलम्बाद् दूरं प्रति तिरश्चीनो भवति स **विरलो माध्यमः (Rarer medium)** इत्यभिधीयेते।

प्रयोगद्वारा प्रकाशापवर्तनं दर्शयितुं श्वेतकर्गदं काष्ठफलके सन्निवेश्य तदुपरि शीशकस्य आयताकारम् "अ ब स" इति गुटकं निधीयते तस्य च एकस्मिन् पार्श्वे 'क' इति "ख" इति च कीलिकाद्वयं इत्थं सन्निविश्यते यत् "क ख" इति रेखा "अ ब" इति तले लम्बरूपा न स्यात् तदनु "द स" इति द्वितीयात् तलात् शीशकगुटकातः "क" इति "ख" इति च कीलिकाद्वयस्य प्रतिबिम्बे दृष्ट्वा तयोरेव ऋजुक्रमे "च" इति "छ" इति च कीलिकाद्वयं सन्निवेश्यते। 'अ ब स द' इति गुटकस्याभितः रेखाः समाकृष्य गुटकम् अपसार्यते। इदानीं 'क ख' इति 'अ ब' इत्यस्य 'म' इति बिन्दुतः 'छ च' इति च 'प' इत्यतः वर्ध्येते तर्हीदं लक्ष्यते यत् 'क ख' इति' च छ' इति च एकस्मिन् ऋजुक्रमे न स्तः यद्यपि गुटकातः अभिलक्षणात् ते उभे ऋजुक्रमे प्रतीयेते। गुटकाभ्यन्तरे प्रकाशकिरणः 'क म प' इति मार्गेण चलति गुटकातः बहिः निष्क्रमणे भूयः स 'च छ' इति मार्गम् अनुसरति। 'म' इति 'प' इति चात्र 'अ ब' इति 'द स' इति च तलयोरुपरि 'न म ट' इति 'प ल' इति च लम्बौ समाकर्षणीयौ।



चित्रम् १६. १

"क म" इति किरण **आपतितकिरणः** (incident ray) "म प" इति च **अपवर्तितकिरणः** (refracted ray) "प छ" इति च निर्गतकिरणः (emergent

ray) इत्यभिधीयन्ते । "न म र" इत्यभिलम्बस्य आपतितकिरणस्य च मध्यवर्ती "क म न" इति कोणः आपतनकोण: (angle of incidence) तथाच अभिलम्बस्य "म प" इति अपवर्तितकिरणस्य च मध्यवर्ती कोणः "अपवर्तनकोणः" इत्यभिधीयेते । तौ क्रमशः "i" इति "r" इति आँग्लाक्षराभ्यामथवा "आ" इति "व" इत्यक्षराभ्यां प्रदर्श्येते ।

अपवर्तनस्य द्वौ नियमौ स्तः

(१) आपतितकिरणोऽपर्वाततकिरण आपतनविन्दौ अभिलम्बश्च त्रय एव एकस्मिन्नेव समतले तिष्ठन्ति ।

(२) कस्मैचिद् माध्यमद्वयाय आपतनापर्वतनकोणयोः ज्ययोः निष्पत्तिः सदा नियताङ्केनैकेन तुल्या भवति या प्रथममाध्यमतः द्वितीयमाध्यमस्य अपवर्तनाङ्क (refractive index) इति नाम्नाभिधीयते तच्च μ (म्यू) इति ग्रीकाक्षरेण प्रदर्श्यते ।

$$\text{वायुना शीशकस्य अपवर्तनाङ्कः वा शो} = \frac{\text{ज्या } \angle \text{क म न}}{\text{ज्या } \angle \text{प म र}}$$

$$= \frac{\text{ज्या आ}}{\text{ज्या वा}} \; ; \left(\frac{\text{वा=वायुः}}{\text{शी=शीशकम्}} \right)$$

यदि चेद् "म" इत्येतं केन्द्ररूपेण प्रकल्प्य केनापि अर्द्धव्यासेन वृत्तमेकम् आकृष्यते यत्र च वृत्तमिदं "क म" इत्यापतितं किरणं "म प" इत्यपवर्तितकिरणञ्च छिन्द्यात् ताभ्यां "य" इति "ग" इति च बिन्दुभ्यां "न र" इत्यभिलम्बे "य र" इति "ग घ" इति च लम्बौ क्रियेतां तर्हि :—

$$\text{शीशकस्य अपवर्तनाङ्क, वा } \mu \text{ शी} = \frac{\text{ज्या } \angle \text{क म न}}{\text{ज्या } \angle \text{ग म घ}}$$

$$= \frac{\frac{\text{य र}}{\text{य म}}}{\frac{\text{ग घ}}{\text{ग म}}} = \frac{\text{य र}}{\text{ग घ}}$$

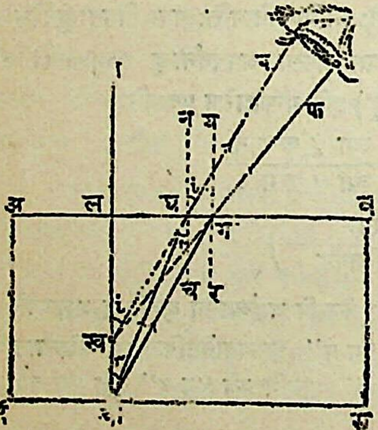
पृथक्-पृथक् त्रीणि अधिकान् वा आपतितकिरणान् आदाय प्रयोगस्यावृत्तिं कृत्वा साध्यञ्चेदं यत् प्रत्येकावस्थायां 'वा μ शी' इत्यस्य मानं स्थिरं भवति । अनेन अपवर्तनस्य द्वितीयः नियमः परीक्ष्यते । प्रथमो नियमः सर्वथा स्पष्टः यतः आपतितः किरणः, अपवर्तितः किरणः अभिलम्बश्च त्रय एव कर्गदतले सन्ति ।

यदि चेद् कस्यचिद् द्रवस्य अपवर्तनाङ्क उपर्युक्तविधिना उपलभ्यः स्यात् तर्हि द्रवं शीशकस्य आयताकारपात्रे सम्पूर्य शीशकगुटकस्य स्थाने तस्योपयोगः क्रियते ।

(२) अपवर्तनस्य हेतोः सघनमाध्यमिकानि वस्तूनि अल्पान्तराले विरलमाध्यमनिकानि च वस्तूनि अधिकविप्रकृष्टे प्रतीयन्ते ।

(१) सघनमाध्यमः (denser medium)

कल्पनीयं यत् 'क' इति कश्चिद् विन्दुः यस्माभितः 'अ ब स द' इति शीशकमयः माध्यमोऽस्ति । 'क' इति विन्दुतः गच्छन्त्यौ 'क ग' इति 'क घ' इति च द्वौ किरणौ आदीयेते यौ वायौ आगमनानन्तरं 'ग फ' इति 'घ प' इति च मार्गाभ्यां निर्गच्छतः । यदि उभावेतौ किरणौ पश्चभागे वर्धेते तर्हि उभौ 'ख' इति विन्दौ मिलतः । अतएव 'ख' इति तु 'क' इत्यस्य विन्दोः प्रतिबिम्बं भवति । 'घ' इति विन्दौ 'न घ च' इत्यभिलम्बः आकृष्टः ।



चित्रम् १६.२

यदि चेद् किरणस्य दिग् वायुतः शीशकं प्रति गृह्यते तर्हि आपतनकोणः ।

i=आ=∠प घ न=∠घ ख ल

अपवर्तनकोणश्च—

r=व=∠च घ क=∠घ क ल

∴ अपवर्तनाङ्कः = $\frac{\text{ज्या आ}}{\text{ज्या व}}$

$= \frac{\text{ज्या}\angle\text{घ ख ल}}{\text{ज्या}\angle\text{घ क ल}}$

$= \frac{\frac{\text{ल घ}}{\text{घ ख}}}{\frac{\text{ल घ}}{\text{क घ}}} = \frac{\text{क ख}}{\text{ख घ}}$

यदि 'घ' इति विन्दुः 'ल' इत्यस्य अत्यभ्याशे गृह्यते तर्हि कघ = कल तथाच ख घ = ख ल

∴ अपवर्तनाङ्कः= $\frac{\text{क ल}}{\text{ख ल}} = \frac{\text{जलस्य वास्तविकं गभीरत्वम्}}{\text{जलस्य आभासिकं गभीरत्वम्}}$

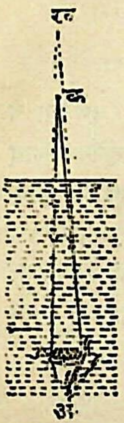
यतः सघनमाध्यमकृते μ इति १ इत्यस्माद् अधिको भवति अतएव 'ख ल' इति दैर्घ्यं 'क ल' इत्यस्मात् न्यूनं भवति ।

(२) विरलः माध्यमः

कल्प्यं यत् वायौ 'क' इति कोऽपि विन्दुरस्ति, स जलाभ्यन्तरादवलोक्यते । 'क' विन्दुतः चलन्तः किरणाः जलप्रवेशानन्तरम् अभिलम्बं प्रति साचीभवन्ति पश्चभागे च वर्धनात् 'ख' इति विन्दुतः आगच्छन्तः प्रतीयन्ते । अतएव 'क' इति विन्दोः प्रतिबिम्बं जले दर्शनात् 'ख' इति विन्दौ निर्वर्तितं भविष्यति ।

सवनमाध्यमवत् गणनाकरणात् इदं साधयितुं शक्यते यत् वायुतः जलस्य अपवर्तनाङ्कः

वा μ ज = जलतलात् 'ख' इत्यस्यान्तरालम् / जलतलाद् 'क' इत्यस्यान्तरालम्

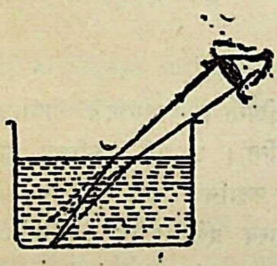


यतो वायुतः जलस्य अपवर्तनाङ्कः एकस्माद् अधिको भवति। अतएव जलतलात् 'ख' इति प्रतिबिम्बस्यान्तरालं 'क' इत्यस्यापेक्षया अधिकं भविष्यति।

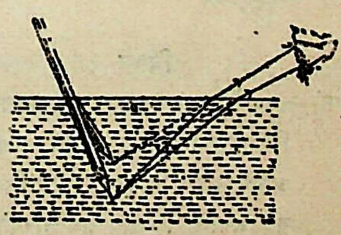
(३) अपवर्तनस्य कतिपयोदाहरणानि

(अ) यदि चेद् उपरितः नद्याः तलम् अवलोक्यते तर्हि सरितः गभीरत्वम् अल्पं प्रतीयते। अस्मादेव हेतोः जलपूर्णस्य बाल्टीनामकस्य जलपात्रस्य तलमपि उद्गतं प्रतीयते।

चित्रम् १६.३



चित्रम् १६-४



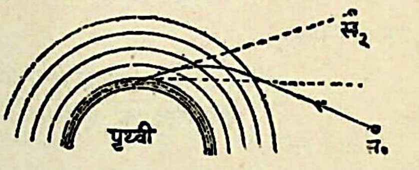
चित्रम् १६-५

(ब) एकस्य चषकस्य तलप्रदेशे काचिद् रजतमुद्रा निक्षेप्या ततश्च एतावद्दूरे स्थातव्यं यत् मुद्रायाः सम्यग्दर्शनं न भवेत्। ततः चषके जलं पूरणीयं इत्थं मुद्रावलोकनं प्रारभ्यते। १६.४ इति चित्रमवलोक्य मुद्रादर्शनस्य कारणं निर्देश्यम्।

स) अपवर्तनस्य कारणात् पृथिव्याः क्षितिजादधःस्थितावपि सूर्यः नक्षत्राणि च दृश्यन्ते। पृथिव्याः निकटवर्तिनः समीरावरणं गुरु ऊर्ध्ववर्ति चावरणं लघु भवति। अतएव '$स_1$' इति कुतश्चिद् क्षितिजादधोवर्तिनः नक्षत्राद् आगन्तुकः किरणः अभिलम्बं प्रति वक्रीभवन् गच्छति नेत्रं च सम्प्राप्य '$स_2$' इत्यत आगच्छन् प्रतीयते।

अतएव अपवर्तनहेतोः नक्षत्रस्य दर्शनात्मिकोच्छ्रितिर् अधिका भवति ।

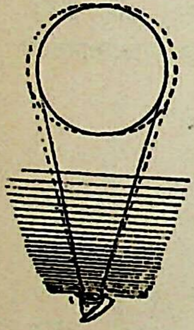
अस्मादेव कारणात् वायुमण्लसत्तया प्रातःकाले सूर्यः किञ्चित्पूर्वं दृश्यते सायञ्च किञ्चिद्विलम्बेन तिरोहितो भवति । अनेन दिवसस्य दैर्घ्यं सप्त अष्टौवा मिनट पर्यन्तम् अधिकं भवति ।



चित्रम् १६.६

(ई) यदि प्रातःकाले उदीयमान आदित्योऽवलोक्यते तर्हि स विशालः प्रतीयते पूर्णतया च वृत्ताकारो न दृश्यते अपितु ऊर्ध्वाधरव्यासोऽल्पः प्रतीयते । यतः अपवर्तनकारणात् ऊर्ध्वाधरव्यासस्य अधोभाग ऊर्ध्ववर्तिभागापेक्षया अधिकोर्ध्वम् उद्गच्छति । परन्तु क्षैतिजव्यासस्य उभे शीर्षे तुल्ये उद्गच्छतः ।

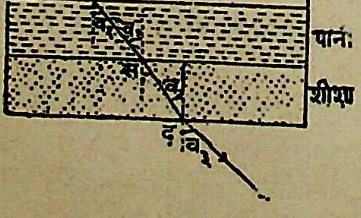
प्रकाशापवर्तनस्य हेतोः सूर्यस्य क्षैतिजव्यासात् नेत्रे निष्पतन्तः किरणाः अधिकदीर्घात् व्यासाद् आगच्छन्तः प्रतीयन्ते । यथा १६.७ चित्रे प्रदर्शिताः ।



चित्रम् १६.७

(फ) अपवर्तनकारणात् तारकाः टिमटिमायमानाः प्रतीयन्ते । वायुमण्डले तापभिन्नतया विभिन्नघनत्वीयस्य वायोर् आवरणानि चलन्ति । अतएव कुतश्चिद् तारकाद् आगन्तुकाः किरणाः अपवर्तनकारणात् वायौ कदाचिद् अल्पं कदाचिच्च अधिकं वक्रीभवन्ति । यदि चेद् तारको दृश्येत तर्हि तस्य प्रकाशो नेत्रे कदाचिद् अधिकः कदाचिच्चाल्पः प्रतीयते । अतस्तारकः टिमटिमायमानः (twinkling) प्रतीयते ।

(४) कतिपयमाध्यमानां समान्तरेभ्यः फलकेभ्यः प्रकाशस्यापवर्तनम् :—



चित्रम् १६.८

कल्प्यं यत् कश्चिद् किरणः वायुतः चलित्वा जलस्य काचस्य च समान्तराभ्यां फलकाभ्यां निर्गत्य पुनः वायौ एव निष्क्राम्यति । १६.८ इति चित्रे प्रदर्शितम् ।

यदि चेद् प्रथमे माध्यमे 'अ$_1$' इति आपतनकोणः द्वितीये माध्यमे 'व$_1$' इत्यपवर्तनकोणः तृतीये माध्यमे 'व$_2$' इति पुनश्च वायौ 'व$_3$' इति स्यात् तर्हि ।

$${}_{१}\mu_{२} = \frac{\text{ज्या अ}_{१}}{\text{ज्या व}_{१}}$$

इत्थमेव $${}_{२}\mu_{३} = \frac{\text{ज्या व}_{१}}{\text{ज्या व}_{२}}$$

तथा च $${}_{१}\mu_{१} = \frac{\text{ज्या व}_{७}}{\text{ज्या अ}_{१}}$$

$$\therefore {}_{१}\mu_{२} \times {}_{२}\mu_{३} \times {}_{३}\mu_{१} = \frac{\text{ज्या अ}_{१}}{\text{ज्या व}_{१}} \times \frac{\text{ज्या व}_{१}}{\text{ज्या व}_{२}} \times \frac{\text{ज्या व}_{२}}{\text{ज्या अ}_{१}}$$

यदि चेद् आरम्भिकोऽन्तिमश्च माध्यमः एक एव स्यात् तर्हि कुतश्चित् समान्तराद् संयुक्ताद् (Compound) फलकाद् निस्सरन् किरणः स्वकीयपूर्वदिशः समान्तरभावेनैव निर्गच्छति। अतएव अन्तिमात् फलकात् निर्गमनसमये किरणस्य निर्गमनकोणः $\text{व}_{३}$ इति प्रारम्भिकफलकस्य '$\text{अ}_{१}$' इत्यापतनकोणेन तुल्यो भवति।

$$\therefore {}_{१}\mu_{२} \times {}_{२}\mu_{३} = \frac{१}{{}_{३}\mu_{१}}$$

किन्तु $$\frac{१}{{}_{३}\mu_{१}} = {}_{२}\mu_{३}$$

$$\therefore {}_{१}\mu_{३} = {}_{१}\mu_{२} \times {}_{२}\mu_{३}$$

समीकरणेनानेन यदि कुतश्चिदेकस्मात् माध्यमात् द्वितीयस्य द्वितियाच्च तृतीयस्य अपवर्तनाङ्को दत्तः तर्हि प्रथममाध्यमेन तृतीयस्य अपवर्तनांक उपलब्धुं शक्यते।

उदाहरणम्—वायोः जलस्य च, अपवर्तनाङ्क १·३३ वायोश्च सीसकस्य अपवर्तनाङ्क १·५ इत्यस्ति तर्हि सीसकस्य अपवर्त्तनाङ्क उपलभ्यः।

∴ ज शा=जलात् शीशकस्य अपवर्तनाङ्क { ज=जलम्, वा=वायुः, शी=शीशकम् }

ज वा=जलात् वायोरपवर्तनाङ्कः

वा शो=वायोः शीशकस्य च अपवर्तनाङ्कः

$$\text{ज शो} = \frac{१}{\text{वा ज}} \times \text{वा शी}$$

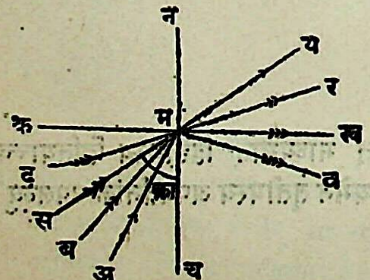
$$\frac{१}{१\cdot३३} \times १\cdot५० = \frac{१५०}{१३३} = १\cdot१२ \text{ प्रायेण}$$

५—पूर्णान्तरिकं परावर्तनम् (Total Internal Reflection)

यदा प्रकाशस्य कोऽपि किरणः सघनात् माध्यमात् विरले माध्यमे गच्छति तर्हि सोऽभिलम्बात् दूरं प्रति विचलितो भवति। कल्प्यं यत् १६·९ इति चित्रे सीसकात् वायौ आगन्तुकः 'अ म' इति किरणः 'म य' इति दिशि अपवर्तिता भवति, यतः किरणः सघनात् माध्यमात् विरले माध्यमे गच्छति अतएव ∠अ म च इत्यतः ∠न म य इति वृहद् स्यात् प्रत्येकदशायाञ्च :—

$$\frac{\text{ज्या न म य}}{\text{ज्या अ म च}} = \text{वा} \quad \text{शी} = १·५ \text{ इति स्यात्}$$

यदि चेद् ∠अ म च इति शनैश्शनैः वर्ध्यते तर्हि ∠न म य इत्यपि वर्द्धते। यदा आपतनकोणः ब म च इत्यनेन तुल्यो भवेत् तर्हि अपवर्तनकोणः न म र इत्यनेन तुल्यः स्यात्। इत्थमेव यदि आपतनकोणः भूयोपि वर्द्धते तर्हि आपतितकिरणस्य 'स म' इत्येतादृशी एकावस्था उपस्थास्यति यर्हि वायौ आगमनान्तरं अपवर्तितः किरणः माध्यमद्वस्य पृथक्कारिणं तलं संस्पृशन्नेव निर्गमिष्यति, अर्थात् न म ख इत्यपवर्तनकोणः एकसमकोणतुल्यो भविष्यति। यदि चेद भूयोऽपि वर्ध्यते अर्थात् आपतितकिरणः 'द म' इति दिशि आगच्छेत् तर्हि अपवर्तितः किरणः वायौ निर्गमनस्थाने शीशके एव 'म व' इति दिशि प्रत्यावर्तनं करिष्यति इदानीञ्च अनेन परावर्तननियमाः परिपाल्यन्ते। एतादृशं परावर्तनं पूर्णान्तरिकं परावर्तनमित्यभिधीयते।



चित्रम् १६·९

सघनमाध्यमस्य स आपतनकोणः यस्य सङ्गत्यपवर्तनकोणः एकसमकोण तुल्यो भवति स क्रान्तिकः कोण (Critical angle) इत्यभिधीयते।

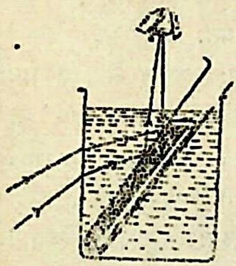
चित्रे क्रान्तिकः कोणः = ∠स म च = क्रा

$$\therefore \; = \frac{\text{ज्या } ९०^\circ}{\text{ज्या क्रा}} = \frac{१}{\text{ज्या क्रा}}$$

$$\therefore \text{ज्याक्रा} = \frac{१}{\;}$$

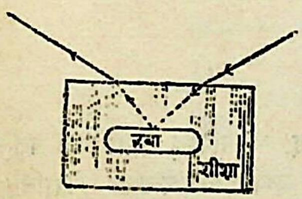
अतएव कस्यचिद् सघनमाध्यमस्य क्रान्तिकः कोणः स कोणोऽस्ति यस्य ज्या $\frac{१}{\;}$ इत्यनेन तुल्या अस्ति (= विरलात् सघनमाध्यमस्य अपवर्तनाङ्क)

१—पूर्णपरावर्तनस्य कतिपयोदाहरणानि :—



चित्र १६.१०

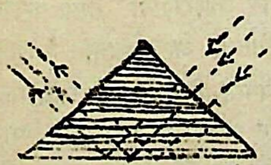
जलपूर्णे एकस्मिन बीकरे एका रिक्ता परीक्षणनलिका अधिक्षेप्या सा च हस्तेन शनै शनैः साचीकरणीया उपरितश्च तस्यास्तलम् अवलोकनीयम् । यदा परिक्षणनलिकायाः नम्रत्वम् एतावद् भविष्यति यत् आपतनकोणः ४८° ३६′ इत्यतोऽधिकः स्यात् (४८° ३६′ इत्ययं जलात् वायोः क्रान्तिककोणोऽस्ति) तर्हि शीशकस्य परीक्षणनलिका रजतवद् भासमाना ज्ञास्यते । कारणञ्चास्य यत् बाह्यतः नलिकायां निष्पतिष्णुः प्रकाशः पूर्णपरावर्तनद्वारा नेत्रे गच्छति ।



चित्र १६.११

यदि परीक्षणनलिका जलेन आपूर्यते तर्हि सा पुनः भासमाना न प्रतीयते यतः पूर्णपरावर्तनं समाप्यते । यदि शीशकेऽथवा जले वायोः बुद्बुदः स्याद् तर्हि पूर्णपरावर्तनस्य हेतोः स भासमानः प्रतीयते ।

पूर्णपरावर्तकः प्रिज्मः (Totally Reflecting Prism)



चित्रम् १६.१२

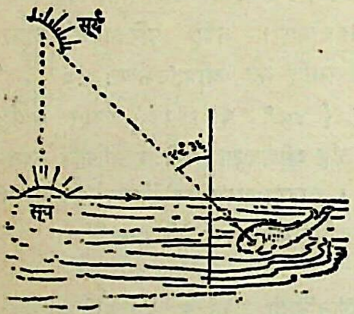
यदा प्रकाशस्य समान्तरकिरणाः कस्यचिद् समद्विबाहुसमकोणप्रिज्मस्य समकोणनिर्वर्तकतले लम्बरूपाः स्युः तर्हि ते कर्णतलाद् पूर्णपरावर्तिताः भवन्ति यथा चित्रे प्रदर्शिताः । इमे किरणाः कर्णे ४५° इत्यंशकम् आपतनकोणम् निर्वर्तयन्ति शीशकाच्च समीरार्थं प्रायशः ४२° इत्यंशकः क्रान्तिकः कोणोऽस्ति अतएव पूर्णपरावर्तिताः भूत्वा समकोणनिर्वर्तकाद् द्वितीयाद् तलात् बहिः निर्गच्छति ।

हीरकस्य भास्वरत्वम्

हीरकस्य बहूनां बहुमुल्यप्रस्तराणाञ्च अपवर्तनाङ्का अधिकास्सन्ति अतएव तेषां क्रान्तिककोणाः अल्पाः भवन्ति । यदा बाह्यः प्रकाशः कस्मिंश्चिद् छिन्ने हीरके माणिक्ये वा निष्पतति तर्हि स तस्य पारं गन्तुं न शक्नोति अपितु तस्य तलेभ्य वारंवारं पूर्णपरावर्तितो भवति । अस्मादेव कारणात् इमे प्रस्तराः अतिभास्वराः प्रतीयन्ते । हीरकस्य अपवर्तनाङ्क २.४७ इत्यस्ति तस्य क्रान्तिककोणश्च = २३° ५३′ इति ।

मत्स्यद्वारा अस्तङ्गामिन आदित्यस्यावलोकनम् :—

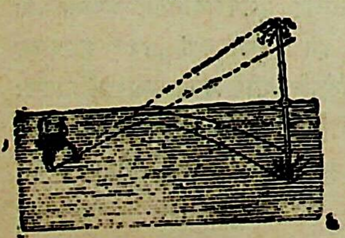
चित्रे अस्तङ्गामिन आदित्यस्य किरणाः जलतलं स्पृशन्त आगच्छन्ति । ते ऊर्ध्वाधर-रेखया ४८°३६′ इत्यंशकं कोणं निर्वर्तयन्त अपवर्तिताः भवन्ति, यतः ४८°३६′ इति तु जलस्य क्रान्तिकः कोणः। वस्तुतः आकाशीयानां सर्वेषां वस्तूनां प्रतिविम्वं मत्स्येन ४८°३६′ इत्यस्यार्द्धशीर्षकोणस्य (Semi vertical angle) शंक्वभ्यन्तरे (Cone) दृश्यते । शङ्कोरस्माद् वहिः स मत्स्यः समुद्रतले स्थितानां प्रस्तरादीनां प्रतिविम्वाणि पूर्णपरावर्तनद्वारा पश्यति ।



चित्रम् १६.१३

७—मरीचिका मृगतृष्णिका वा (Mirage)

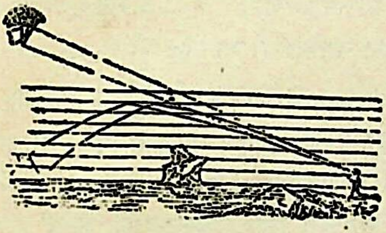
मरुस्थले कदाचिद् यात्रिणः दूरतोऽवगच्छन्ति यत् कस्मिंश्चिद् स्थाने जलं वर्तते किन्तु यदा ते तत्र गच्छन्ति तर्हि जलं न प्राप्नुवन्ति । वर्ण्यते यत् इत्थमेव पिपासितः मृगः जलम् अवगम्य स्थानादेकस्मात् अन्यं प्रति धावति अन्ते च पञ्चत्वं प्राप्नोति । अतएव प्रतारणा चेयं मृगतृष्णिकेति नाम्नाभिधीयते । कारणञ्चास्य प्रकाशस्य पूर्णपरावर्तनमस्ति । सूर्यतापाद मरुस्थलीयाः सिकताः अत्युष्णाः भवन्ति तत्स्पर्शेन भुवोऽभ्याशवर्ती वायुः सर्वाधिक उष्णो भवति वायोश्च ऊर्ध्ववर्तिनाम् आवरणानां तापः क्रमशः ह्रसति । अतएव वायोः ऊर्ध्ववर्तीनि आवरणानि अधोवर्तिनाम् आवरणानाम् अपेक्षया सघनानि भवन्ति पृथ्वीं प्रति गमनशीलाः किरणाः सघनमाध्यमात् विरलमाध्यमे प्रविशन्ति अभिलम्वाच्च ते दूरम् अपसरन्ति । अन्ते च तेषाम् आपतनकोणः क्रान्तिकाद् कोणाद् बृहद् भवति किरणाश्च ते परावर्तिताः भूत्वा उपरि प्रत्यावर्तन्ते । यर्हि ते किरणाः यात्रिणः नेत्रं प्राप्नुवन्ति तर्हि तेन वृक्षः तस्यां दिशि अवलोक्यते यतः किरणाः तस्य नेत्रं प्रति गच्छन्ति । किन्तु, कतिपयकिरणाः वृक्षशिखरात् साक्षादेव यात्रिणः नेत्रं प्राप्नुवन्ति । एतेन स वृक्षान् तेषां प्रतिविम्वान् च याथार्थ्येण तद्वदेव पश्यति यथा सरोवरे । यर्हि यात्री तत्स्थानं प्राप्नोति तर्हि तत्र जलं न प्राप्यते तथाच तदेव दृश्यं भूयोऽग्रं सरति । वृक्षात् नेत्रं यावत् किरणानाम् आगमनं चित्रे प्रदर्शितम् ।



चित्रम् १६.१४

८—शीतप्रधानप्रदेशेषु मृगमरीचिका

अतिशीतप्रधानेषु देशेषु वायोर् अधोवर्ति आवरणम् ऊर्ध्ववर्त्यावरणापेक्षया शीतलं भवति। एतादृश्यां दशायां दूरस्थं वस्तु, यथा जलयानप्रभृतिभ्यः आगन्तुकः प्रकाशः, ऊर्ध्वं प्रति गमनसमये अभिलम्बात् (Normal) दूरं प्रति अपवर्तितो भवति अन्ते च पूर्णपरावर्तितो भूत्वा द्रष्टुः नेत्रं प्रति प्रत्यावर्तते। अतएव तद्वस्तु वायौ तद्वैपरीत्येन लम्बितं दृश्यते यथा चित्रे प्रदर्शितम्।



चित्रम् १६.१५

उदारणम्—कस्याश्चिद् नद्याः वास्तविकं गम्भीरत्वं ४ मीटर परिमितम् अस्ति तर्हि तन्याः आभासिकं गम्भीरत्वं किं भविष्यति।

$$\frac{\text{वास्तविकं गम्भीरत्वम्}}{\text{आभासिकं गम्भीरत्वम्}} = \mu \left(\text{जलार्थम्} \right)$$

$$\therefore \text{आभासिकं गम्भीरत्वम्} = \frac{\text{वास्तविकं गम्भीरत्म्}}{\mu} = \frac{४}{१.३३} \text{ मीटराणि}$$

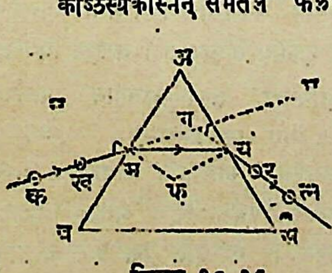
=३ मी० प्रायेण

९—प्रिज्मतः (Prism) प्रकाशस्य अपवर्तनम्

प्रिज्म इति कस्यचिद् पारदर्शक-माध्यमस्य तद्भागोऽभिधीयते यः कस्मिंश्चिद् कोणे अवनतयोः समतलयोर्मध्ये वर्तते।

अपवर्तनकारिणोः तलयोरुभयोः मध्यवर्ती कोणः 'प्रिज्मस्य अपवर्तककोणोऽथवा केवलं प्रिज्मस्य कोण इति नाम्नाभिधीयते। उभेऽपवर्तकतले यस्यां रेखायां मिलतः सा प्रिज्मस्य सङ्कमिकेत्यभिधीयते। अपवर्तकतलानां लम्बरूपेण केनचिद् तलेन छिन्नाः परिच्छेदः प्रिज्मस्य मुख्यः परिच्छेद इत्यभिधीयते। प्रयोगद्वारा प्रिज्माभ्यन्तरे किरणमार्गस्य अवगतिः।

काष्ठस्यैकस्मिन् समतले फलके कर्गदं संस्थाप्य तदुपरि च प्रिज्ममेकं निधाय तस्य 'अब स' इति सीमारेखा आकर्षणीया। "अ ब" इत्यस्य तलस्य एकस्मिन् पार्श्वे "क" इति "ख" च द्वेकीलिके सन्निवेश्ये तयोश्च प्रतिबिम्बे "अ. स" इति तलस्य दिशातः द्रष्टव्ये "र" इति "ल"



चित्रम् १६.१६

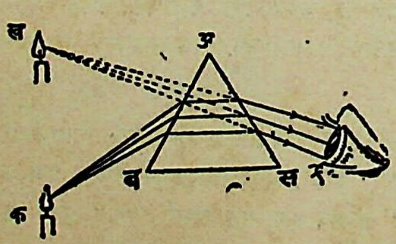
इति च कीलिके इत्थं सन्निवेश्ये यत् 'क' इत्यस्य 'ख' इत्यस्य च प्रतिविम्बे तथाच 'र' इति 'ल' इति च कीलिके इति चतुष्टयमेव एकरेखायां दृश्येत । कीलिकानां स्थितीनामभित: लघुवृत्तानि निर्माय कीलिका: उद्धृतव्या: । 'क ख' इत्येतां 'म' इति पर्यन्तं अग्रेसार्य विन्दुमयरेखात: 'घ' इति पर्यन्तं वर्द्धितव्या तथाच 'ल र' इत्येतां पृष्टभागे 'य' इति विन्दुत: 'ग' इति पर्यन्तं वर्द्धितव्या येन सा 'क घ' इति रेखया 'ग' इति स्थाने मिलेत् । 'म' इत्यत्र 'य' इत्यत्र च 'म फ' इति 'य फ' इति चाभिलम्बौ आकर्षणीयौ ।

'क ख' इत्यापतितकिरण:, 'क म न' इत्यापतनकोण:, 'म य' इत्यपवर्तितकिरण:, 'फ य म' इत्यपवर्तनकोण: 'य ल' इति च निर्गतकिरणोऽभवन् । 'म' इति विन्दौ वायुत: शीशके गमनसमये प्रकाशकिरण: अभिलम्बं प्रति 'य' इति विन्दौ च शीशकात् वायौ गमनसमये अभिलम्बात् दूरं प्रति अवनतो भवति । आपतितकिरणस्य 'क घ' इति दिश: निर्गतकिरणस्य च 'य ल' इति दिश: मध्यवर्ती 'घ ग ल' इतिकोणो विचलनकोण इत्यभिधीयते । यदि विभिन्नान् आपतनकोणानादाय तेषां सङ्गतविचलनकोणा उपलभ्यन्ते तर्हि ज्ञायते यत् विभिन्नानामापतनकोणानां कृते विचलनकोणानां मानान्यपि विभिन्नानि भवन्ति ।

विचलनकोणस्य मानं तस्यां दशायां न्यूनतमं भविष्यति यदा आपतनकोण: निर्गमनकोणश्च तुल्यौ स्त: अर्थात् न्यूनतमविचलनस्य अवस्थायां आपतितकिरण: निर्गतकिरणश्च प्रिज्मतलै: तुल्यं कोणं निर्वर्तयत: ।

१०—प्रिज्मेण प्रतिबिम्बस्य निर्मिति:

न्यूनतमविचलनस्य अवस्थायां प्रायेण अभ्याशएव यदि आपतनकोणे स्वल्पं परिवर्तनं क्रियते तर्हि विचलनकोणेऽपि अत्यल्पं परिवर्तनं भवति । अतएव 'क' इति विन्दुत: गच्छन्ती एका सूक्ष्मकिरणावलि: यदि 'अ-ब स' इति प्रिज्मे इत्थं प्रतिफलति यत् मध्यवर्तिन: किरणस्य विचलनं न्यूनतम भवेत् तर्हि सर्वेषामेव किरणानां विचलनं प्रायेण एकमेव भविष्यति । अतएव प्रिज्मत: निर्गमनानन्तरं तस्य कोणीयं पार्थक्यं (angular separation) प्रायेण तावन्मात्रमेव भविष्यति यावन्मात्रं प्रिज्मे प्रतिफलनात् पूर्वमासीत् । अतएव प्रिज्मत: निर्गामिन: किरणा: 'ख' इत्यत: आगच्छन्त: प्रतीयन्ते । 'क' इति 'ख' इति च बिन्दू प्रिज्मस्य समद्विभागकारिण: तलात् समान्तराले स्थास्यत: ।



चित्रम् १६.१७

यदि प्रिज्मः न्यूनतमविचलनस्य अवस्थायां न स्यात् तर्हि 'क' इत्यतः गमनशीलानां विभिन्नकिरणानां विचलनमपि न्यूनम् अधिकञ्च स्यात् प्रिज्मतश्च बहिः निर्गमनानन्तरं सर्वे इमे किरणाः 'ख' इति बिन्दुतः आगच्छन्तः न प्रतीयन्ते । अर्थात् तस्यां दशायां 'क' इत्यस्य किमपि निश्चितं प्रतिबिम्बं न निर्वर्त्यते ।

उदाहरणम्—(१) एकस्मिन् रेखाचित्रे स्थूलमेकं शीशकगुटकं निधीयते । यदि चेत् शीशकस्यापवर्तनाङ्को १.६ इति स्यात् तर्हि तच्चित्रं गुटकस्य स्थापनात् कियदूर्ध्वम् उद्गमिष्यति यदि नेत्रं याथार्थ्येण गुटकोपरि निधीयते ?

$$\mu = \frac{\text{गुटकस्य वास्तविकं स्थौल्यम्}}{\text{गुटकस्य आभासिकं स्थौल्यम्}}$$

यदि चेद् शीशकनिधानात् चित्रं "य" से०मी० इति उद्गच्छति, तर्हि तस्य आभासिकं स्थौल्यम् =६—य से०मी०

$$\therefore १.६ = \frac{६}{६—य} \text{ अथवा } ९.६—१.६ \text{ य}=६$$

$$\text{अथवा य}=\frac{३.६}{१.६}= २.२५ \text{ से०मी०}$$

२.२५ से०मी० इत्युत्तरः

उदाहरणम्— २) एकः मनुष्यः जलपूर्णे कासारे ऊर्ध्वाधरतः अधः प्रति पश्यति तर्हि स कासारतलं १०० सेण्टीमीटरगभीरम् अवगच्छति । यदि चेद् जलस्य अपवर्तनाङ्को १.३३ इति स्यात् तर्हि कासारस्य वास्तविकं गभीरत्वं उपलभ्यम् ।

$$\because \mu = \frac{\text{कासारस्य वास्तविकं गभीरत्वम्}}{\text{कासारस्य आभासिकं गभीरत्वम्}}$$

$$\text{अथवा } १.३३ = \frac{\text{य}}{१००}$$,यत्र 'य' से०मीं इति कासारस्य गभीरत्वमस्ति ।

अथवा य=१३३ से०मी०

∴ कासारस्य वास्तविकं गभीरत्वम्=१३३ से०मी० इत्युत्तरः ।

प्रश्नाः

(१) अपवर्तननियमाः परिभाष्याः । स्वकीयप्रयोगशालायां तस्य परीक्षणं कथं कार्यम् ?

(२) कस्यचिद् पदार्थस्य अपवर्तनाङ्केन किम् अवगम्यते ? अपवर्तनाङ्कस्य मानेन माध्यमस्य सघनता विरलता वा कथम् उपलभ्यते ?

(३) चित्रांकनेन साध्यं यत् अपवर्तनस्य हेतोः सघने माध्यमे वस्तूनि स्वल्पान्तराले विरले च माध्यमे अधिकान्तराले दृश्यन्ते । सिद्धान्तेनानेन μ इत्यस्य मानं कथम् उपलभ्यते ?

(४) एकस्मिन् बीकरे कीलिकां प्रक्षिप्य जलेन तद् उपरिपर्यन्तं पूर्यते । यदि चेद् जलस्य अपवर्तनाङ्को ४/३ इति स्यात् तर्हि बीकरस्य गभीरत्वं निर्देश्यम् । (उ० १२ से०मी०)

(५) अपवर्तनेन जायमानानां घटनानाम् उदाहरणानि निर्दिश्यताम् तेषां व्याख्या च कर्तव्या ।

(६) यदि चेत् वायुतः शीशकस्य वायुतः जलस्य च अपवर्तनाङ्को निर्दिष्टः तर्हि जलात् शीशकस्य अपवर्तनाङ्कः कथम् उपलभ्यते? गणितद्वारा स्वकीयोत्तरस्य पुष्टिः करणीया ।

(७) पूर्णान्तरिकपरावर्तनस्य कोऽर्थः? कतिपयोदाहरणानि निर्दिश्य तस्य वर्णनं कर्त्तव्यम् ।

(८) किं कारणं यत् (१) सामान्यशीशकाद् हीरकं अधिकं भासते

(२) जलाभ्यन्तरे वायुबुद्बुदाः भासमानाः दृश्यन्ते ।

(३) यदा किञ्चिद् शीशकं चिटकायते तर्हि तस्य चिटकायितं तलम् अधिकं भासते ।

(९) प्रिज्मेण न्यूनतमविचलनावस्थायां समीचीनं प्रतिबिम्बं किमर्थं निर्वर्त्यते चित्राङ्कन-द्वारा प्रतिबिम्बस्थानं निर्देश्यम् ।

अध्याय : १७

गोलीयतलेषु प्रकाशस्य अपवर्तनम्

(Refraction on Spherical Surface)

१—लेन्स: (Lenses)

यदि कश्चिद् पारदर्शकमाध्यम: द्वाभ्यां गोलीयतलाभ्याम् आवृत: स्यात् तर्हि सो लैंस इत्यभिधीयते । यदि चेद् गोलीयलेन्सस्य अर्धव्यासो अनन्त इतिकल्प्यते तर्हि स समतलो भवति । द्वयो: तलयो: अवतलत्वोत्तलत्वसमतलत्वानुसारेण अधोऽङ्किता: षट्प्रकारीया: लेन्सा: भवन्ति यत्र त्रय उत्तला: त्रयश्चावतला: भवन्ति: । (चित्रम् १७.१ एवं १७.२)

(अ) उत्तल: लेन्स:

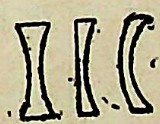
(१) युगलोत्तल: (२) समोत्तल: (३) अवतलोत्तल:

(ब) अवतल: लेन्स:

(१) युगलावतल: (२) समावतल: (३) उत्तलावतलश्चेति ।



चित्रम् १७.१

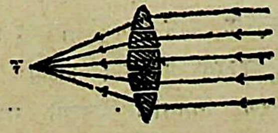


चित्रम् १७.२

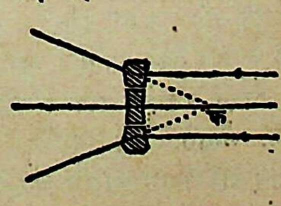
उत्तला: लेन्सा: मध्ये स्थूला: पार्श्वयोश्च सूक्ष्मा: भवन्ति अवतलाश्च लेन्सा: मध्ये सूक्ष्मा: पार्श्वयोश्च स्थूला: भवन्ति ।

२परिभाषा

लेन्सस्य तलयोरुभयो: वक्रताकेन्द्राभ्याम् अभिसरन्ती या रेखा निर्गच्छति सा लेन्सस्य मुख्याक्ष इत्यभिधीयते यथा १७.५ इति चित्रेऽङ्किते क$_1$ क$_2$ इति रेखे ।



चित्रम् १७.३



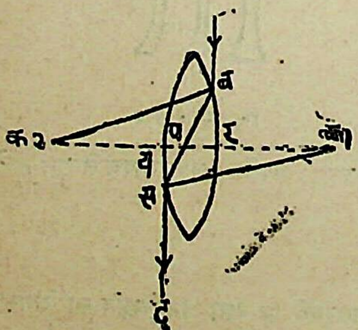
चित्रम् १७.४

यदि चेद् मुख्याक्षस्य समान्तरकिरणाः कस्मिंश्चिद् लेन्से प्रतिफलन्ति तर्हि अपवर्तनोत्तरं ते कस्मिंश्चिद् 'फ' इत्येकस्मिन् विन्दौ वस्तुतः एकत्रिता भवन्ति यथा उत्तललेन्से (चित्रम् १७.३)। अथवा कुतश्चिद् 'फ' इति विन्दुतः केवलम् आगच्छन्त इव प्रतीयन्ते यथा अवतललेन्से (चित्रम् १७.४)। उभाविमौ विन्दू लेन्सस्य मुख्यफोकस इति नाम्नाभिधीयेते। उत्तललेन्सस्य फोकसो वास्तविकः (Virtual) परन्तु अवतललेन्सस्य फोकसः आभासी इति भवति।

लेन्सस्य तस्य मुख्यफोकसस्य च मध्यवर्ती अन्तरालं लेन्सस्य फोकसान्तरालम् इत्यभिधीयते। चिह्नानां नियमानुसारेण उत्तललेन्सस्य फोकसान्तरालं ऋणात्मकम् अवतललेन्सस्य च फोकसान्तरालं धनात्मकं भवति।

लेन्साः अनेकैः क्षुद्रप्रिज्मैः निर्वर्तिता इति कल्पयितुं शक्यते, यथा चित्रे प्रदर्शितं। प्रिज्मतश्च निर्गच्छन्तः प्रकाशकिरणाः आधारं प्रति विचलिताः भवन्ति। अतएव उत्तललेन्सात् निर्गमनोत्तरं किरणाः एकस्मिन् बिन्दौ एकत्रीभवन्ति। गुणस्यास्य विचारेण उत्तललेन्साः अभिविन्दुलेन्साः (Convergent lens) अवतललेन्साश्च अपविन्दुलेन्साः (Divergent lens) इत्यभिधीयन्ते।

यदि कस्यचिद् लेन्सस्य तलयोरुभयोः "ब" इति "स" इति च ईदृशौ बिन्दू गृह्येते यत्रोभे तले अन्योन्यस्य समान्तरौ स्याताम् तर्हि तयोरुभयोर्विन्द्वोः संयोजिनी रेखा $क_1$ $क_2$ इति मुख्याक्षं "प" इति विन्दौ छेत्स्यति। यदि चेद् "ब" इत्यनेन "स" इत्यननेन च सदृशं तलयोरुभयोरुपरि अन्ये च बिन्दवः गृह्यन्ते तर्हि उभयोः संयोजिन्यः रेखाः प्रत्येकदशायाम् अक्षम् "प" इति विन्दौ छेत्स्यन्ति। बिन्दुरयम् लेन्सस्य प्रकाशकेन्द्र इत्यभिधीयते।



चित्रम् १७.५

यदि चेद् "ब" इति "स" इसि च बिन्द्वोरुपरि उभयोर्गोलीयतलयोः स्पर्शकारिणोः तलयोः कल्पना क्रियेत तर्हि उभे ते तले परस्परं समान्तरौ स्याताम्। कल्प्यं यत् "अ ब" इति किरणः लेन्सस्य अभ्यन्तरे "प" इति प्रकाशकेन्द्रतः निर्गच्छति "स द" इति मार्गाच्च लेन्साद् बहिः निस्सरति र्तहि "अ ब" इति ',स द" इति च परस्परं समान्तरौ स्याताम् यतः दशायामस्यां लेन्सस्य तद्भागः, यतः प्रकाशो गच्छति, समान्तरफलकमिव कार्यं निर्वहेत्।

अतएव प्रकाशकेन्द्रस्य परिभाषा इत्थमपि कर्तुं शक्यते यत् यदि कोऽपि प्रकाशकिरणः लेन्सतः इत्थं निर्गच्छेत् यत् आपतितकिरणः निर्गतकिरणश्चोभौ समान्तरौ स्याताम् तर्हि लेन्साभ्यन्तरे स किरणः मुख्याक्षम् एकस्मिन् स्थिरविन्दौ छिनत्ति यः लेन्सस्य प्रकाशकेन्द्र इत्यभिधीयते।

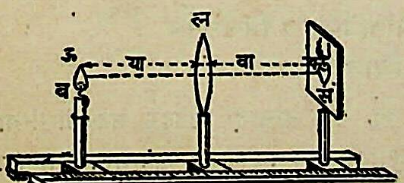
इत्थं यदा कश्चिद् किरणः प्रकाशकेन्द्रतः निर्गच्छति तर्हि निर्गतकिरणः आपतित-किरणस्य समान्तरो भवति। परन्तु तस्मिन् लेन्सस्य स्थौल्यस्य आपतनकोणस्य चानुसारेण पार्श्विकं स्थानान्तरं (Lateral displacement) भवति, अर्थात् स किरणः स्वीयात् पूर्वमार्गात् किञ्चिद् अपसरति।

३—क्षीण लेन्सा (Thin Lenses)

इदानीं प्रकाशापवर्तनविषयकम् अध्ययनं कर्तुं केवलं क्षीणलेन्सविषयको विचारः कार्यः। एतादृशाः लेन्साः, येषां स्थौल्यं अल्पं भवति, क्षीणलेन्सा इत्यभिधीयन्ते। यदि चेद् लेन्सः क्षीणः स्यात् तर्हि १७.५ इति चित्रस्य "य" इति "र" इति च विन्दू अत्यभ्याश-वर्तिनौ स्यातां "प" इति प्रकाशकेन्द्रश्च ताभ्यामुभाभ्याम् अत्यल्पान्तराले स्यात्। क्षीण-लेन्सेन अपवर्तनविषयकाध्ययनसमये लेन्सस्य स्थौल्यं सर्वथैव उपेक्ष्यते तथाच "य" इति "र" इति "प" इति प्रकाशकेन्द्रश्चेति त्रयाणामेषां बिन्दूनां स्थितिः एकैव कल्प्यते।

ईदृश्यां दशायां यदि कोऽपि प्रकाशकिरणः "य" इत्यत्र "र" इत्यत्र वा प्रतिफलति तर्हि तत्र न तु किमपि विचलनं भवति न वा स स्वमार्गाद् अपसरति। स प्रकाशकेन्द्रतः निर्गच्छन् आर्जवेन गच्छति। यर्हि अक्षाभ्याशे लेन्सस्य स्थौल्यम् उपेक्षितं तर्हि प्रत्येक-स्थाने लेन्सस्य स्थौल्यं उपेक्षणीयम् लेन्सोपरि च निष्पततः कस्यापि किरणस्य आपतन-विन्दोः निर्गमनविन्दोश्च स्थितिरेकैव अवगन्तव्या।

४—प्रयोगद्वारा लेन्से घटितस्य अपवर्तनस्याध्ययनम्—एकस्मिन् प्रकाशिकपटले द्रावकवर्तिका प्रदीप्य संस्थाप्या। तस्या एव चोच्छ्रित्यां ततः किञ्चिद्दूरे उत्तललेन्सः तद-नन्तरञ्च संघृष्टशीशकस्यैकस्य "स" इत्येका तिरस्करिणी संस्थाप्या यथा चित्रे प्रदर्शितम्। लेन्सो द्रावकवर्तिकाया अधिकाभ्याशे न स्यात्। इदानीं तिरस्करिण्यां द्रावकवर्त्तिकायाः स्वल्पः प्रकाशः निष्पततीति प्रतीयेत। तिरस्करिणी पुरः पश्चाद्वा अपसार्य सा स्थितिर-वगन्तव्या यस्यां द्रावकवर्तिकायाः सुस्पष्टं विपरीतञ्च प्रतिबिम्बं तिरस्करिण्यां दृश्येत।



चित्रम् १७.६

तदनन्तरं द्रावकवर्त्तिका किञ्चिद् लेन्संप्रति अपसार्यते चेद् तर्हि प्रतिबिम्बं मन्दायते। किन्तु, तिरस्करिण्याः लेन्सात् किञ्चिद्दूरे अपसारणात् भूयः प्रतिबिम्बं दृश्येत। यर्हि द्रावकवर्त्तिका लेन्सस्य अत्यभ्याशे तिष्ठेत् तर्हि भूयः तिरस्करिण्यां तस्याः वास्तविकं प्रतिबिम्बम् असम्भवं भवेत्। दशायामस्यां यदि लेन्सतः द्रावकवर्तिका दृश्यते तर्हि तस्याः ऋजु, बृहद् आभासिकञ्च प्रतिबिम्बं दृश्येत्।

यदिचेद् उत्तललेन्सस्थाने अवतललेन्सः स्थाप्यते तर्हि कस्यामपि दशायां तस्याः वास्तविकं प्रतिविम्बं तिरस्करिण्यां न निर्वर्त्येत अपितु लेन्सतः शिखां प्रति अवलोकनाद् एकं ऋजु, लघु आभासिकञ्च प्रतिबिम्बं दृश्येत।

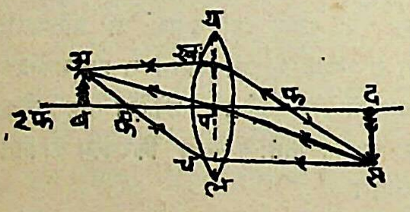
५—लेन्सद्वारा प्रतिविम्बाणां निर्वर्तनम्—

लेन्सद्वारा निर्वर्तितस्य प्रतिबिम्बस्य स्थितिम् अवगन्तुं कुतश्चिद् विन्दुतः अभिसरन्तौ द्वौ किरणौ ग्राह्यौ :—

(अ) यः किरणः मुख्याक्षस्य समान्तरलेन्से निष्पतति स लेन्सात् निर्गमनानन्तरं मुख्यफोकसात् निर्गच्छति अथवा मुख्यफोकसात् आगच्छन्निव प्रतीयते।

(ब) यः किरणः प्रकाशकेन्द्रे निष्पतति स लेन्सत आर्जवेन निर्गच्छति।

यदि चेदेकः तृतीयः किरणः मुख्यफोकसतः अभिसरन् लेन्से निष्पतेत् तर्हि लेन्सतः निर्गमनानन्तरं स मुख्याक्षस्य समान्तरो भवति। परन्तु प्रतिबिम्बं निर्वर्तयितुं उपरि वर्णित किरणद्वयमेव पर्याप्तमिति।



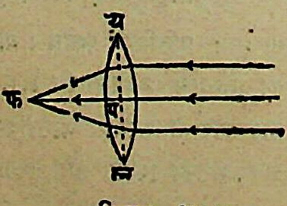
चित्रम् १७.७

यस्मिन् विन्दौ किरणावुभौ मिलतः तदेव तस्य विन्दोः प्रतिविम्बं भवति। यदि लेन्सात् निर्गमनोत्तरं वस्तुतः किरणा एकस्मिन् विन्दौ मिलेयुः तर्हि प्रतिविम्बं वास्तविकं यदि च पृष्ठभागे वर्धनात् एकस्मिन् विन्दौ मिलेयुः तर्हि प्रतिविम्बम् आभासिकं भवति।

इत्थं प्रतिविम्बनिर्वर्तनसमये काठिन्यमिदम् उपतिष्ठति यत् लेन्सस्य किञ्चिद् स्थौल्यं अवश्यमेव निर्वर्त्यं भवति तथा च आपतनबिन्दुः निर्गमनबिन्दुश्च एकस्मिन्नेव स्थाने न तिष्ठतः अपवर्तनञ्च लेन्सस्य तलयोरुभयोरुपरि भवति। परन्तु, रेखागणितेन प्रतिबिम्बं निर्वर्तयितुं प्रकाशकेन्द्रतः मुख्याक्षस्य लम्बरूपया आकृष्टयो रेखया किरणानां विचलनं दर्शयितुं शक्यते। यद्यपि वस्तुतो लेन्सस्य तलयोरुभयोरुपरि प्रकाशस्य अपवर्तनं भवति।

६—उत्तललेन्सेन (Convex Lens) प्रतिबिम्बस्य निर्वर्तनम्—

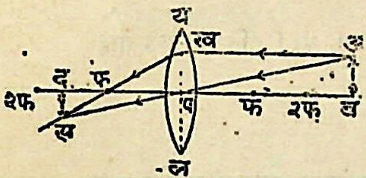
(१) यदा वस्तु अनन्त्यां (infinity) स्यात्—



चित्रम् १७.८

कल्प्यं यत् वस्तु लेन्सात् अतिदूरे अनन्त्यां संस्थापितम्। वस्तुनः आगामिनः किरणाः मुख्याक्षस्य समान्तराः भविष्यन्ति लेन्सतश्च निर्गमनानन्तरं 'फ' इति फोकसे मिलिष्यन्ति। प्रतिबिम्बमिदं वास्तविकं विपरीतं अतिलघु च भविष्यति।

(२) वस्तु यदा अनन्त्यात् द्विगुणितफोकसान्तरालस्य मध्ये स्यात्—



चित्रम् १७.६

'अ ब' इति वस्तुनः 'अ' इति विन्दुतः मुख्याक्षस्य समान्तरगामी 'अ ख' इति किरणः लेन्सात् निर्गमनोत्तरं 'फ' इति फोकसतः निर्गमिष्यति 'अ' इत्यतश्च निर्गामी द्वितीयः 'प' इति प्रकाशकेन्द्रतः आर्जवेन निर्गमिष्यति। उभाविमौ किरणौ 'स' इत्यत्र मिलिष्यतः। अतएव 'स' इति विन्दुः 'अ' इत्यस्य प्रतिविम्वम् भवति। 'स' इत्यतः मुख्याक्षे लम्बो निष्पातितः चेत् तर्हि 'द' इति विन्दुर् उपलब्धः। इदं 'ब' इति विन्दोः प्रतिविम्वं भवति 'स द' इति च 'अ ब' इति वस्तुनः प्रतिविम्वं भवति। प्रतिविम्वमिदं वास्तविकं विपरीतं लघु च भवति तथाच 'फ' इत्यस्य '२फ' इत्यस्य च मध्ये निर्वर्त्यते।

उत्तललेन्सार्थं या, वा, फा इत्यस्य सम्वन्धज्ञानम्

यदि लेन्सात् वस्तुनोऽन्तरालं 'या' इति प्रतिविम्वस्य अन्तरालं 'वा' इति फोकसस्य चान्तरालं 'फा' इति स्यात् लेन्सस्य च यस्मिन् पार्श्वे वस्तु निहितं स्यात् तत्पार्श्वीयम् अन्तरालं धनात्मकं तद्विपरीतपार्श्वीयाणि चान्तरालानि ऋणात्मिकानीति गृह्यन्ते तर्हि लेन्सतः वस्तुनोऽन्तरालं 'प ब' = या, लेन्सतः प्रतिविम्वस्यान्तरालं प ब =– वा उत्तललेन्सस्य च फोकसान्तरालम्=–फा

'अ ब प' तथा 'स द प' इति त्रिभुजौ समरूपौ (Similar) स्तः।

$$\text{अतएव}\ \frac{\text{अ ब}}{\text{स द}} = \frac{\text{प ब}}{\text{प द}} \qquad (१)$$

"प फ ख" तथा "स द फ" इति त्रिभुजौ च समरूपौ स्तः

$$\text{अतएव}\ \frac{\text{ख प}}{\text{स द}} = \frac{\text{प फ}}{\text{फ द}} \qquad (२)$$

किन्तु "अ ब" इति "ख प" इति च तुल्यौ स्तः

अतएव (१) तथा (२) इत्याभ्याम्

$$\frac{\text{प ब}}{\text{प द}} = \frac{\text{प फ}}{\text{फ द}}$$

$$\text{अथवा}\ \frac{\text{य}}{-\text{वा}} = \frac{-\text{फा}}{-(\text{वा}-\text{फा})}$$

अथवा "या वा" — "फा या" = "—फा वा" उभयत्र यदि

"या वा फा" इत्यनेन विभज्यते तर्हि

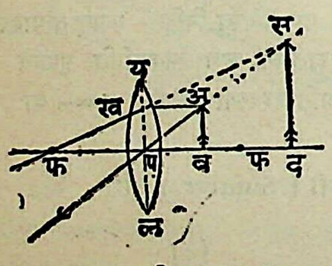
$$\frac{१}{वा} - \frac{१}{फा} = \frac{१}{फा}$$

यदि चेद् या, वा फा इत्येतेषां स्थाने क्रमशः u, v, f इति न्यस्यन्ते तर्हि

सूत्रम् $\frac{१}{v} - \frac{१}{u} = -१$ इति भवति ।

"वा" इति "फा" इति चोभे धनात्मके गृहीत्वा सम्बन्धोऽयम् उपलब्धः । अतएव सूत्रेऽस्मिन् "वा" इति "फ" इति चोभयोः मानाभ्यां सह तेषां चिह्नेऽपि स्थापितव्ये किन्तु वास्तविकस्य प्रतिविम्बस्य निर्वर्तनदशायां यदि "वा" इति "फा" इति च ऋणात्मके इति कल्प्येते तर्हि साधारणः सम्बन्धो $\frac{१}{वा} + \frac{१}{या} = \frac{१}{फा}$ इति स्यात् । यत्र "या" "वा" तथा "फा" इत्येतेषां मानैः सह तेषामुपयुक्तचिह्नानि न ग्राह्याणि स्युः ।

(३) यदा वस्तु लेन्सात् द्विगुणिते फोकसान्तराले स्यात्

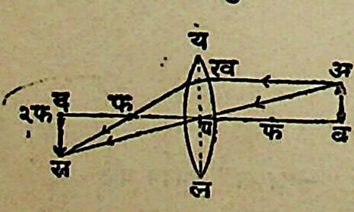


चित्रम् १७.१०

"अव" इति वस्तुनः "अ" इति विन्दोः अक्षस्य समान्तरगामी किरणः प्रकाशकेन्द्रतश्च निर्गामी किरण इति उभौ "स" इत्यत्र मिलतः । अतएव "स" इति विन्दुः "अ" इत्यस्य प्रतिविम्बं भवति । "स" इत्यतः मुख्याक्षे लम्बो प्रक्षिप्तश्चेद् तर्हि "द" इति विन्दुरुपलभ्यते । इत्थं "स द" इति वस्तुनः प्रतिविम्बं भवति । प्रतिविम्बमिदं वास्तविकं विपरीतं वस्तुतुल्यञ्च भवति वस्तुनश्च द्वितीये पार्श्वे " र फ" इति निर्वर्त्यते ।

(४) यदा वस्तु लेन्सस्य फोकसान्तरालस्य द्विगुणितफोकसान्तरालस्य च मध्ये स्यात् :-

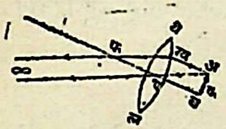
"अ ब" इति वस्तुनः "अ" इति विन्दुतः मुख्याक्षस्य समान्तरगामी "अख" इति किरणः "प" इति प्रकाशकेन्द्रतश्च निर्गामी "अ प" इति किरणः इत्येमावुभौ "स" इत्यत्र मिलतः । 'स' इत्यतः मुख्याक्षे "स द" इति लम्बश्चेद् प्रक्षिप्तः तर्हि "अ ब" इति वस्तुनः प्रतिबिम्बं भवति । प्रतिबिम्बमिदं वास्वविकं वितरीतं वस्त्वपेक्षया च बृहद् भवति तथाच "२ फ" इत्यस्य अनन्त्याश्च मध्ये निर्वर्तितं भवति ।



चित्रम् १७.११

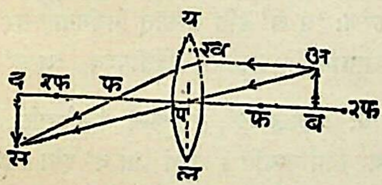
(५) यर्हि वस्तु लेन्सस्य फोकसे तिष्ठति —

दशायामस्यां "अ व" इति वस्तुनः "अ" इति बिन्दुतः अक्षस्य समान्तरगामी "प" इति प्रकाशकेन्द्रतश्च निर्गमीति किरणावुभौ लेन्सतः निर्गमनानन्तरं समान्तरौ भवतः अनन्त्याञ्च मिलतः। अतएव प्रतिविम्बं वास्तविकं विपरीतं अत्यधिकं वृहच्च भवति अनन्त्याञ्च निर्वर्त्यते ।



चित्रम् १७.१२

६—यर्हि वस्तु लेन्सतः फोकसान्तरालापेक्षया अल्पान्तराले स्यात्—



चित्रम् १७.१३

दशायामस्यां "अ व" इति वस्तुनः "अ" इति विन्दुतः अभिगामिनः किरणाः "अ ख" इति "अप" इति च लेसान्भ्यां निर्गमानन्तरं भूयश्चाधिकं प्रसरन्ति तथा च ते पुरतः मिलितुं न पारयन्ति पृष्ठतश्च विन्दुरेखया वर्द्धनात् ते "स" इति विन्दौ मिलन्ति। "स" इत्यतः मुख्याक्षे "स द" इति लम्बो न्यस्यते चेद् तर्हि "स द" इति "अ व" इति वस्तुनः प्रतिविम्बं भवति। प्रति विम्बमिदं आभासिकं, ऋजु वस्त्वपेक्षया वृहच्च भवति ।

लेन्सात् विभिन्नान्तराले वस्तुस्थापनात् प्रतिविम्बस्य स्थित्यां प्रकृत्याञ्च यत्परिवर्तनं भवति तत् अधोऽङ्कितायां सारिण्यां लिखितुं शक्यम् :—

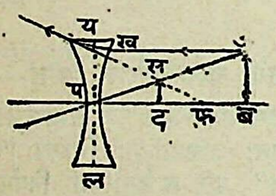
वस्तुनः स्थितिः	प्रतिविम्बस्य स्थितिः	प्रतिविम्बप्रकृतिः	सम्बन्धितं चित्रम्
१—अनन्त्याम्	मुख्याफोकसे	वास्तविकं, विपरीतं अतिलघु च	१७.८
२—'२फ' इत्यस्य अनन्त्याश्च मध्ये	'फ' इत्यस्य "२"इत्यस्य च मध्ये	वास्तविकं, विपरीतं लघु च	१७.९
३—लेन्सतः "२फ" इत्यत्र	"२ फ" इत्यत्र	वास्तविकं विपरीतं तुल्यञ्च	१७.१०
४—"फ" इत्यस्य "२ फ" इत्यस्य च मध्ये	"२फ"इत्यस्य अनन्त्याश्च मध्ये	वास्तविकं, विपरीतं वृहच्च	१७.११
५—फोकसे	अनन्त्याम्	वास्तविकं, विपरीतं अत्यधिकं वृहच्च	१७.१२
६—फोकसान्त—रालात् अल्पान्तराले	लेन्सतः वस्तु प्रति	आभासिकं, ऋजु वृहच्च	१७.१३

७—संयुग्मी फोकस: (Canjugate Focus)

प्रकाशस्य उत्क्रमणीयतया वस्तुनः प्रतिविम्बस्य च स्थितिषु परिवर्तनं सम्भाव्यते। १७.९, १७.१० तथा १७.११ इति चित्रेषु यदि 'सद' इति प्रतिविम्बस्थानेषु वस्तु निधीयते तर्हि प्रतिविम्बं 'अ ब' इति वस्तुनः स्थानेषु निर्वर्त्यन्ते।

ईदृशं विन्दुद्वयं यतः किञ्चिदेकं चेद् वस्तुत्वेन कल्प्यते तर्हि चेद् द्वितीयं तस्य प्रतिविम्बं भवेत्। तथाच स संयुग्मी फोकस इत्यभिधीयते।

८—अवतललेन्सैन प्रतिबिम्बाणां निर्मितिः



चित्रम् १७.१४

कल्प्यं यत् 'य ल' इत्येकोऽवतललेन्सः यस्य प्रकाशकेन्द्रः 'प' इत्यस्ति। लेन्ससम्मुखे 'अ ब' इति किमपि वस्तु निहितम्। 'अ' इति विन्दुतः अक्षस्य समान्तरगामी किरणः 'अ ख' इति लेन्सात् निर्गमनानन्तरं 'फ' इत्यत आगामीति प्रतीयते द्वितीयश्च 'अ प' इति किरणः, यः प्रकाशकेन्द्रं सङ्क्रम्य निर्गच्छति, लेन्सं सङ्क्रम्य निर्गमिष्यति। इत्थं 'स द' इति 'अ ब' इति वस्तुनः प्रतिविम्बं भविष्यति।

'अ ब' इति वस्तु कस्मिंश्चिदपि स्थाने तिष्ठेत्, तस्य प्रतिविम्बं लेन्सस्य तस्यामेव दिशि निर्वर्त्स्यते यस्यां दिशि वस्तु स्थास्यति तत्प्रतिविम्बञ्च आभासिकं ऋजु लघु च भविष्यति। वस्तु लेन्सात् यावद् दूरेऽपसरिष्यति प्रतिविम्बं लघुत्वं प्राप्स्यति।

९—चिन्हानां नियमः

लेन्सैः माप्यमानानि अन्तरालानि प्रकाशकेन्द्रात् माप्यन्ते लेन्सस्य च यस्मिन् पार्श्वे वस्तु निहितं स्यात् तत्पार्श्वीयान्तरालानि धनात्मकानि तद्विपरीतायाः दिशोऽन्तरालानि ऋणात्मकानि भवन्ति। एतन्नियमानुसारेण उत्तललेन्सस्य फोकसान्तरालं ऋणात्मकम् अवतललेन्सस्य च फोकसान्तरालं धनात्मकं भवति।

१०—अवतल लेन्सस्य कृते 'या' वा एवं "फा" इत्येतेषु सम्बन्धोलब्धिः

यदि लेन्सात् 'या' इति वस्त्वन्तरालं, 'वा' इति प्रतिविम्बान्तरालं तथा 'फा' इति फोकसान्तरालं कल्प्यते तथा च, लेन्सस्य यस्मिन् पार्श्वे वस्तु निहितं स्यात् तत्पार्श्वीयाण्यन्तरालानि धनात्मकानि तद्विपरितदिशोऽन्तरालानिच ऋणात्मकानि गृह्यन्ते चेद् तर्हिः लेन्सात् वस्तुनोऽन्तरालं 'प ब'=या, लेन्सात् प्रतिविम्बस्य अन्तरालं 'प द' = वा, अवतललेन्सस्य फोकसान्तरालं=फा :

दशायामस्यां 'वा' इति 'फा' इति च लेन्सात् वस्तुन एव पार्श्वे स्तः अतएव ते धनात्मके गृहीते (चित्रम् १७.१४)।

'अ ब प' इति 'स द प' इति च त्रिभुजौ समरूपौ स्तः।

अतएव $\frac{\text{अव}}{\text{सद}} = \frac{\text{पव}}{\text{पद}}$ ... ...(१)

तथा च 'य प फ' इति 'स द फ' इति च त्रिभुजौ समरूपौ

अतएव $\frac{\text{यप}}{\text{तद}} = \frac{\text{वफ}}{\text{दफ}}$ ... ... (२)

किन्तु 'अ व' इति 'य प' इति च तुल्यौ स्तः।

अतएव (१) तथा (२)इत्याभ्यां $\frac{\text{वद}}{\text{पद}} = \frac{\text{पफ}}{\text{दफ}}$ अथवा $\frac{\text{या}}{\text{वा}} = \frac{\text{वा}}{\text{फा} - \text{वा}}$

अथवा या × फा — वा × फा=या × वा

अथवा $\frac{१}{\text{वा}} - \frac{१}{\text{या}} = \frac{१}{\text{फा}}$ (पार्श्वयोरुभयोः या × वा × फा इत्यनेन विभजनात्)

'या, वा तथा फा, इत्येतेषां स्थाने क्रमशः u, v तथा f इत्येतेषां सन्निवेशात्

$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ इति सूत्रं भवति

अतएव उत्तलावतलयोरुभयोर्लेन्सयोः कृते 'या, वा तथा फा' इत्येतेषु एक एव सम्बन्धः परन्तु तस्य मानम् उपयुक्तचिह्नसहितं ग्राह्यम्।

११—आवर्धनम् (Magnification)

कस्यचिद् वस्तुनः दैर्घ्यात् तस्य प्रतिविम्बस्य दैर्घ्यं यावद्गुणितं भवति तन्निष्पत्तिः प्रतिविम्बस्य आवर्धनमित्यभिधीयते। पूर्वमेव साधितं यत् आवर्धनम्

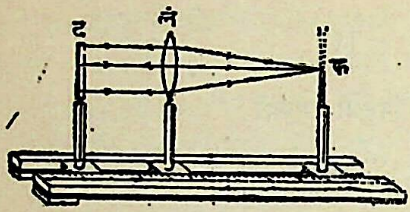
आ= $\frac{\text{सद}}{\text{अव}} = \frac{\text{वा}}{\text{या}}$

यर्हि 'आ' इति धनात्मकं भवति तर्हि प्रतिविम्बम् आभासिकं ऋजु च भवति। यदा च 'आ' इति ऋणात्मकं भवति तर्हि प्रतिविम्बं वास्तविकं विपरीतञ्च भवति।

१२—उत्तललेन्सस्य फोकसान्तरालोपलब्धिः

(अ) सूर्यसाहाय्येन अथवा कीलिकयैकया समतलदर्पणेन च—

उत्तलं लेन्सं सूर्यसम्मुखे इत्थं ग्राह्यं यत् तदुपरि सूर्यरश्मयः मुख्याक्षस्य समान्तरभावेन प्रतिफलेयुः। लेन्सस्य द्वितीये पार्श्वे एका संघृष्टशीशकतिरस्करिणी श्वेतकर्गदो वा इत्थं संस्थाप्या यत् तदुपरि सूर्यस्य लघुतमं प्रतिविम्बं निर्वर्त्येत। दशायामस्यां प्रतिविम्बस्य लेन्सस्य च मध्यान्तरालं लेन्सस्य फोकसान्तरालतुल्यं भविष्यति!



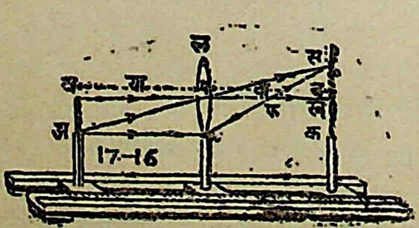
चित्रम् १७.१५

अयमेव प्रयोगः एककीलिकायाः समतल-दर्पणस्य च साहाय्येन कर्तुं शक्यते। एकस्मिन् प्रकाशिकपटले उत्तललेन्सस्य पृष्ठतः समतलदर्पणमेकं निधाय लेन्सस्य सम्मुखे कीलिकैका संस्थाप्या कीलिकायाश्च स्थितिः इत्थं समञ्जनीया यत् कीलिकायां तत्प्रतिविम्बे च लम्बनं न स्यात् तर्हि कीलिकायाः लेन्सस्य मध्यवर्ति अन्तरालं लेन्सस्य फोकसान्तरालतुल्यं भविष्यति।

(व) कीलिकाद्वयस्य रीत्या—

रीत्यामस्यां उत्तललेन्समेकं प्रकाशिकपटले सन्निवेश्य तस्यैकस्मिन् पार्श्वे 'अ व' इत्याधारे कीलिकैका सन्निवेश्यते। कीलिकोच्छ्रितिर् एतावन्मात्रिका स्यात् यत् तस्या अग्रभागो प्रकाशकेन्द्रस्य अभिमुख्ये तिष्ठेत्। इदानीं लेन्सस्य द्वितीयपार्श्वे लेन्सात् एकमीटरान्तराले नेत्रं संस्थाप्य कीलिकाप्रतिविम्बमवलोक्यते। यदि चेद् प्रतिबिम्बं विपरीतं दृश्यते तर्हि कीलिकायाः स्थितिः समीचीना। यदि चेद् प्रतिविम्बं ऋजुभावापन्नं दृश्यते तर्हि कीलिका लेन्सात् फोकसान्तरालापेक्षया अल्पान्तराले तिष्ठति। अतएव सा लेन्सात् तावदधिकान्तराले अपसार्यते यावत् प्रतिबिम्बं विपरीतं दृश्यते। इदानीं एकामन्यां कीलिकां 'क ख' इति प्रकाशिकपटले निधाय प्रथमकीलिकायाः प्रतिविम्बस्य द्वितीयकीलिकायाश्च मध्यभागात् लम्बनम् अपसार्यते। (लम्बनसिद्धान्तानुसारेण यद् वस्तु नेत्राद् अधिकदूरे तिष्ठति तद् सकाशवर्तिनः वस्तुनोऽपेक्षया चक्षुषः दिशि गतिशीलमिव प्रतीयते)।

लेन्सात् प्रथमकीलिकायाः अन्तरालं 'या' इति द्वितीयकीलिकायाश्च 'वा' इति प्रकल्प्य $\frac{१}{\text{या}} + \frac{१}{\text{वा}} = \frac{१}{\text{फा}}$ इति सूत्रसाहाय्येन 'फा' इत्यस्य गणना क्रियते।



चित्रम् १७-१६

यदि चेद् अन्धकाराच्छन्ने प्रकोष्ठे प्रयोगकरणार्थं प्रबन्धः कर्तुं शक्यते तर्हि 'अ व'

इति कीलिकास्थाने एका द्रावकवर्तिका 'क ख' इत्यस्य स्थाने संघृष्टशीशकतिरस्करिण्याः प्रयोगः कर्त्तुं शक्यते । (चित्रम् १७.१६)

यतः प्रयोगेऽस्मिन् 'या' इति धनात्मकं 'वा' इति च ऋणात्मकं अस्ति, अतएव उपर्युक्ते सूत्रे $\frac{१}{वा}$ इत्यतः पूर्वं धनचिन्हं प्रयुक्तम् ।

१३—अवतलस्य उत्तलस्य च लेन्सयोर्परिज्ञानम् :—

यदि चेद् लेन्साः पर्याप्तस्थूलाः स्युः तर्हि करेण स्पृष्ट्वा ज्ञातुं शक्यो यद् अयम् अवतल उत्तलो वा—(१) अवतलाः लेन्साः मध्ये क्षीणाः अन्त्यभागे च स्थूलाः भवन्ति । यदि चेद् लेन्साः क्षीणाः स्युः तर्हि हस्तेन तेषां परिज्ञानं दुष्करं भवति । तथा चेयं समीचीना रीतिर्यत् (२) लेन्सं कस्मिंश्चिद् लिखिते पत्रे संस्थाप्य शनैश्शनैर् उपरि उत्थाप्यं लेन्सतश्च पत्रे लिखितान्यक्षराणि द्रष्टव्याणि । यदि चेद् अक्षराणि वर्धमानानि प्रतीयन्ते तर्हि लेन्स उत्तलोऽस्ति । यदि चेद् ह्रासोन्मुखानि प्रतीयन्ते तर्हि लेन्सोऽवतलोऽस्ति । यदि चेद् अक्षराणामाकारो यथावदेव स्यात् तर्हि स केवलं शीशकस्यैकं समान्तरं फलकम् अस्ति । (३) लेन्सतः किमपि दूरवर्ति वस्तु द्रष्टव्यम् लेन्सश्च स्वदृष्टिरेखायाः लम्बरूपेण विपरीतासु दिक्षु परिचाल्यः । यदि चेद् दूरवर्ति वस्तु लेन्सात् विपरीतायां दिशि चलेत् तर्हि लेन्स उत्तलोऽस्ति, यदि चेद् तस्यामेव दिशि चलेत् तर्हि अवतलोऽस्ति, यदि चेद् सर्वथैव गतिहीनं प्रतियेत् तर्हि केवलं शीशकस्य समान्तरं फलकमस्ति ।

उदाहरणम् (१) एकस्माद् उत्तललेन्सात् २० सेण्टीमीटरान्तराले किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिबिम्बं लेन्सात् ३० सेन्टीमीटरान्तराले (अ) वस्तु प्रति (ब) वस्तुनः द्वितीयपार्श्वे निर्वर्त्यते तर्हि प्रत्येकदशायां लेन्सस्य फोकसान्तरालं ज्ञातव्यम् ।

यदि चेद् प्रतिबिम्बं वस्त्वभिमुखं निर्वर्त्यते तर्हि वा= +३० से०मी० तथा या=२० से०मी०, फा=?

$$\therefore \frac{१}{वा} - \frac{१}{या} = \frac{१}{फा}$$

$$\therefore \frac{१}{३०} - \frac{१}{२०} = \frac{१}{फा} \text{ अथवा फा= --६० से० मी०}$$

यदि चेद् प्रतिबिम्बं वस्तुनः द्वितीये पार्श्वे निर्वर्त्यते तर्हि

वा= — ३० से०मी०, या=२० से०मी०, फा=?

$$\therefore \frac{१}{वा} - \frac{१}{या} = \frac{१}{फा}$$

$$\text{या} - \frac{१}{३०} - \frac{१}{२०} = \frac{१}{फा}$$

अथवा फा= — १२ से०मी०

$$\therefore \text{फोकसान्तरालम् (अ)} = -\ \text{६० से०मी०} \quad = -\ \text{१२ से०मी०}$$

उदाहरणम् (२) २० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकस्य उत्तललेन्सस्य सम्मुखे किमपि वस्तु ३० सेण्टीमीटरीयान्तराले निधीयते तर्हि प्रतिविम्बं कुत्र कथं वा निर्वर्त्यते ? किरणानां मार्गः अङ्कयित्वा निर्देश्यः ।

यतः वस्तु 'फ' इत्यस्य '$फ_२$' इत्यस्य च मध्ये स्थितम् अतएव तस्य प्रतिविम्बं '२फ' इत्यस्मात् दूरे निर्वर्त्यते यत् वृहद् विपरीतं वास्तविकञ्च भवति ।

∴ फा= — २० से०मी०, या=३० से०मी, वा=?

$$\text{सूत्रेण } \frac{१}{वा} - \frac{१}{या} = \frac{१}{फा}$$

$$\text{अथवा } \frac{१}{वा} - \frac{१}{३०} = -\frac{१}{२०}$$

$$\text{अथवा } \frac{१}{वा} = -\frac{१}{२०} + \frac{१}{३०} = -\frac{१}{६०}$$

अथवा वा= — ६० से०मी०

$$\therefore \text{आवर्धनम्} = \frac{वा}{या} = \frac{-६०}{२०} = -३०$$

अतएव प्रतिविम्बः वस्तुनः त्रिगुणितं भविष्यति ।

आवर्धनात् पूर्वं ऋणात्मकचिह्नस्य अर्थोऽयं यत् प्रतिविम्बं विपरीतं भविष्यति । प्रतिविम्बं वस्तुनः द्वितीये पार्श्वे लेन्साच्च ६० सेण्टीमीटरान्तराले निर्वर्त्स्यते ।

उदाहरणम् (३) २० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकात् उत्तललेन्सात् १० सेण्टीमीटरान्तराले किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं कुत्र कथञ्च निर्वर्त्स्यते वस्त्वपेक्षया च तस्यावर्धनं किं भविष्यिति ?

यतः वस्तु 'फ' इति फोकसस्य लेन्सस्य च मध्ये निधीयते अतएव प्रतिविम्बं वृहद्, ऋजु आभासिकञ्च निर्वर्त्यते ।

∵ फा=–२० से० मी०, या=१० से० मी०, वा=?

$$\therefore \frac{१}{वा} - \frac{१}{या} = \frac{१}{फा}$$

$$\text{अथवा } \frac{१}{वा} - \frac{१}{१०} = -\frac{१}{२०}$$

$$\text{अथवा } \frac{१}{वा} = \frac{१}{१०} - \frac{१}{२०} = \frac{१}{२०}$$

अथवा वा=+२० से० मी०

यतः 'वा' इति धनात्मकमस्ति, अतएव प्रतिविम्बं तस्यामेव दिशि निर्वर्त्यते यस्यां वस्तु निहितं स्यात् लेन्साच्च प्रतिविम्बस्यान्तरालं २० सेण्टीमीटरपरिमितं भविष्यति।

$$\text{आवर्धनम्} = \frac{\text{वा}}{\text{या}} = \frac{+२०}{१०} = +२$$

यत आवर्धनं धनात्मकमस्ति अतएव प्रतिविम्बं ऋजु वस्तुनश्च द्विगुणितं आभासिकं च भविष्यति।

उदाहरणम्—(४) २० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकाद् कुतश्चिद् अवतललेन्सात् किमपि वस्तु २० सेण्टीमीटरान्तराले निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं कुत्र कथञ्च निर्वर्त्यते ? तस्यावर्धनं किं भविष्यति ?

∵ फा=+२० से० मी०, या=२० से० मी०, वा=?

तथाच ∴ $\frac{१}{\text{वा}} — \frac{१}{\text{या}}$

$$\therefore \frac{१}{\text{वा}} — \frac{१}{२०} = \frac{१}{२०} \quad \text{अथवा} \quad \frac{१}{\text{वा}} = \frac{१}{२०} + \frac{१}{२०} = \frac{१}{१०}$$

अथवा वा= १० से० मी०

यतः 'वा' इति धनात्मकमस्ति, अतएव प्रतिविम्बं तस्यामेव दिशि निर्वर्त्यते यस्यां वस्तु निहितं स्यात्। लेन्सात् तस्यान्तरालं १० सेण्टीमीटरपरिमितं भविष्यति।

$$\text{आवर्धनम्} = \frac{\text{वा}}{\text{या}} = \frac{+१०}{२०} = +\frac{१}{२}$$

आवर्धनम् धनात्मकमस्ति, अतएव प्रतिविम्बं ऋजु आभासिकं आकारे च वस्तुनोऽर्धं निर्वर्त्यते।

प्रश्नाः

(१) लेन्सः कः पदार्थोऽस्ति ? कतिविधश्च सः ? चित्राङ्कनेन निर्देश्यम्।

(२) प्रकाशकेन्द्रस्य कोऽभिप्रायः ? साध्यं यत् प्रकाशकेन्द्रं लेन्सस्य स्थौल्यम् उभयोर्गोलीयतलयोर् वक्रतायाः अर्धव्यासयोरनुपाते विभाजितं भवति।

(३) उत्तललेन्सात् विभिन्नेष्वन्तरालेषु वस्तु संस्थाप्य किरणैः प्रतिविम्बं निर्वर्त्यम् कुतश्चिदप्येकस्मात् चित्रात् 'या वा, फा' इत्येतेषु सम्बन्धो ज्ञातव्यः।

(४) उत्तललेन्सात् कियन्मात्रेऽन्तराले किमपि वस्तु निधातव्यं येन तस्य प्रतिबिम्बं वस्तुतुल्यं निर्वर्त्यते। (उ० २ 'फ' इत्यत्र)

(५) उत्तललेन्सेन कस्यां दशायाम् आभासिकं प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते ? चित्राङ्कनं कृत्वा

निर्देश्यम् ।

(उ० यर्हि वस्तु 'फ' इत्यस्मादल्पेऽन्तराले स्यात्)

(६) संयुग्मिफोकसानां कोऽभिप्रायः ? चित्राङ्कनं कृत्वा निर्देश्यम् ।

(७) लेन्सेभ्योऽन्तरालमापनसमये चिह्नानां कः नियमः ?

(८) अवतललेन्सस्य सम्मुखे किमपि वस्तु संस्थाप्य किरणैः तस्य प्रतिविम्बं निर्वर्त्यम् तथाच 'या वा, फा' इत्येतेषु सम्बन्धो ज्ञातव्यः ।

(९) उत्तललेन्सात् २० सेण्टीमीटरान्तराले किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं लेन्सस्य द्वितीये पार्श्वे १०सेण्टीमीटरान्तराले निर्वर्त्यते । फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ।

(उ०— $\frac{२०}{३}$ से० मी०)

(१०) एकस्मादुत्तललेन्सात् ३० सेण्टीमीटरान्तराले वस्तुनः निधानात् वास्तविकं प्रति-बिम्बं २० सेण्टीमीटरान्तराले निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालं ज्ञातव्यम् ।

(उ०—१२ से० मी०)

(११) एकस्मादुत्तललेन्सात् ४० सेन्टीमीटरान्तराले कस्यचिद् वस्तुनः निधानात् वास्तविकं प्रतिबिम्बं २४ सेण्टीमीटरान्तराले निर्वर्त्यते तर्हि तस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् :

(उ०—१५ से० मी०)

१२—२० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकाद् उत्तललेन्सात् १५ सेण्टीमीटरदूरे किमपि वस्तु निहितं तर्हि तस्य प्रतिविम्बं कुत्र कीदृशञ्च निर्वर्त्यते? (उ०आभासिकं प्रतिविम्बम् लेन्सात् ६० सेण्टीमीटरदूरे)

१३ —१८ सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकाद् उत्तललेन्सात् ३० सेण्टीमीटरदूरे वास्तविकं प्रतिबिम्बं निर्वर्तयितुं लेन्सात् वस्तु कियद्दूरे निधातव्यम् ? (उ० ४५ से० मी०) ।

१४—२० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकस्य लेन्सस्य सम्मुखे ३० सेण्टीमीटरदूरे वस्त्वेकं निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं कुत्र कीदृशञ्च निर्वर्त्स्यते ?

(उ० लेन्सात ६० सेण्टीमीटरदूरे, विपरीतं वास्तविकं वृहच्च) ।

१५—१५ सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकाद् उत्तललेन्सात् कियद्दूरे किमपि वस्तु निधातव्यं यत् (अ) तस्याभासिकं प्रतिविम्बम् (ब) तस्य वास्तविकं प्रतिविम्बं लेन्सात् ३० सेण्टोमीटदूरे निर्वर्त्येत ?

१६—३० सेण्टीमीरीयफोकसान्तरालकाद् उत्तललेन्सात् २० सेण्टीमीटरदूरे किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं क्व निर्वर्त्यते तस्यावर्धनञ्च किं भविष्यति ?

(उ० वस्त्वभिमुखं ६० सेण्टीमीटरे वस्तुनोऽपेक्षया त्रिगुणितम्) ।

१७—२० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकाद् उत्तललेन्सात् वस्त्वपेक्षया त्रिगुणितं प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सात् वस्त्वन्तरालं कियन्मात्रं स्यात् यदातु :—

(अ) प्रतिविम्वं वास्तविकं स्यात् ? (उ० २६ $\frac{2}{3}$ से० मी०)

(इ) प्रतिविम्वं आभासिकं स्यात् ? (उ० १३ $\frac{1}{3}$ से० मी०)

१८—कुतश्चिद् उत्तललेंन्तात् २० सेण्टीमीटरदूरे वस्तुनः निधानात् आभासिकं प्रतिविम्वं वस्त्वपेक्षया त्रिगुणितं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालं उपलभ्यम् ।
(उ०—३० से० मी०)

१९—कुतश्चिद् उत्तललेंन्सात् २० सेण्टीमीटरान्तराले वस्तुनः निधानात् प्रतिविम्वं वस्त्वपेक्षया त्रिगुणितं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ?
(उ०—१५ से० मी०)

२०—केनचिद् उत्तललेन्सेन निर्वर्तितं वास्तविकं प्रतिविम्वं वस्त्वपेक्षया $\frac{3}{2}$ गुणितं लेन्सात् ३० सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ?
(उ०—१२ से० मी०)

२१—केनचिद् उत्तललेन्सेन निर्वर्तितम् आभासिकं प्रतिविम्वं वस्त्वपेक्षया $\frac{3}{2}$ गुणितं लेन्सात् ३० सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ।
(उ०—६० से० मी०)

२२—कुतश्चिद् उत्तललेन्सात् ३० सेण्टीमीटरदूरे वस्तुनः निधानात् प्रतिविम्वं वस्त्वर्धं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालं किं स्यात् ? (उ०—१० से० मी०)

२३—कुतश्चिद् उत्तललेन्सात् २० सेण्टीमीटरान्तराले वस्त्वपेक्षया $\frac{3}{2}$ गुणितं प्रतिविम्वं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ? (उ०—१२ से० मी०)

२४—कुतश्चिद् अवतललेन्सात् १५ सेण्टीमीटरान्तराले वस्तुनो निधानात् प्रतिबिम्वं १२ सेण्टीमीटरे निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालं ज्ञातव्यम् । (उ० ६० से०मी०)

२५—कुतश्चिद् अवतललेंन्सात् ४५ सेण्टीमीटरान्तराले वस्तुनो निधानात् प्रतिविम्वं ३० सेण्टीमीटरे निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालं ज्ञातव्यम् (उ० ९० से०मी०)

२६—२० सेण्टीमीटरीयफोकसान्तरालकात् अवतललेन्सात् कियद्दूरे किमपि वस्तु निधातव्यं यत् तस्य प्रतिविम्वं लेन्सात् १२ सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्तितं स्यात् ? (उ० ३० से०मी०)

२७—कुतश्चिद् अवतललेन्सात् ३० सेण्टीमीटरदूरे एकस्य वस्तुनः निधानात् प्रतिबिम्वं २० सेण्टीमीटरदूरे निर्वर्त्यते तर्हि तस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ? (उ० ६० से०मी०)

२८—३० सेण्टीमीटरफोकसान्तरालकाद् अवतललेन्सात् १५ सेण्टीमीटरदूरे ३ सेण्टीमीटरदीर्घं किमपि वस्तु निधीयते तर्हि तस्य प्रतिबिम्वं कुत्र कियन्मात्रञ्च निर्वर्तितं

स्यात् ? चित्राङ्कनेन निर्देश्यम । (उ० १० सेण्टीमीटरदूरे, २ सेण्टीमीटरदीर्घम्)

२९—एकस्माद् अवतललेन्सात् ४० सेण्टीमीटरान्तराले वस्तुनः निधानाव प्रतिविम्बं तस्यार्द्धं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालं ज्ञातव्यम् (उ० ४० से० मी०)

३०—एकस्माद् अवतललेन्सात् १५ सेण्टीमीटरान्तराले वस्तुनो निधानात् प्रतिविम्बं वस्त्वपेक्षया $\frac{3}{2}$ इति परिमितं निर्वर्त्यते तर्हि लेन्सस्य फोकसान्तरालम् उपलभ्यम् ? (उ० ३० से०मी०)

३१—उत्तललेन्सस्य फोकसान्तरालोपलब्धेः काचिद् रीतिर्वर्णनीया ।

३२—अवतलस्य उत्तलस्य च लेन्सयोः परिज्ञानं कथं क्रियते ? कारणेन सह निर्देश्यम् ॥

—:o:—

अध्याय : १८

प्रकाशयन्त्रम्

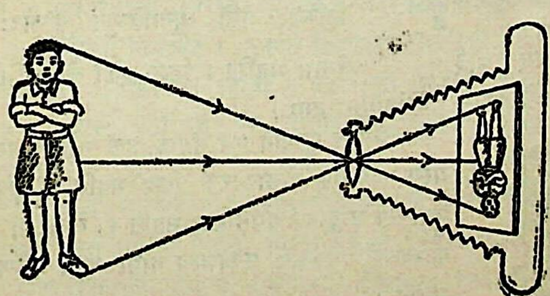
१—प्रकाशयन्त्राणां विभाजनम्

प्रकाशयन्त्राणि भागद्वये विभाज्यानि—प्रथमन्तु तानि यन्त्राणि यानि चित्रप्रक्षेपणे (Optical projection) प्रयुज्यन्ते। यथा छायाग्राहिका, चित्रदर्शी, लालटेनप्रभृतीनि। द्वितीयन्तु तानि यन्त्राणि यैः अवलोकनकार्ये नेत्रसाहाय्यं क्रियन्ते; यथा सूक्ष्मदर्शी-प्रभृतयः।

प्रक्षेपणयन्त्रम्

२—छायाग्राहिका—

मानवैरनेकैः छायाग्राहिका (Camera कैमरा) दृष्टा स्यात्। १८.१ इति चित्रे सा प्रदर्शिता। अत्र निम्नलिखिताः भागाः भवन्ति।

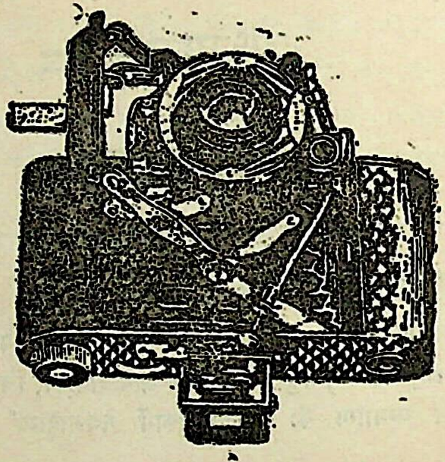


चित्रम् १८.१

(अ) प्रकाशरोधकपिटकम् (Light Tight Box)

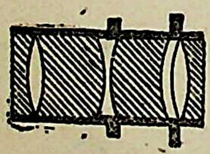
इदन्तु कृष्णचर्मणा, स्थूलपटेन, कर्गदेन वा निर्मीयते। यत्रानेकानि बलितानि भवन्ति। बलितानां कारणाद् इदम् आकृष्य वृहद् सम्पीड्य च लघु कर्तुं शक्यते। तथाच लेन्सस्य तिरस्करिण्याश्च मध्यवर्त्यन्तरालं परिवर्तयितुं शक्यते। इदन्तु आभ्यन्तरे कृष्णं भवति यतः पिटककुड्यैः प्रकाशस्य परावर्तनं न स्यात्। एतत्सम्मुखे एको लघुलेन्सः तस्य पृष्ठभागे च

एका तिरस्करिणी भवति ।



चित्रम् १८.२

(ब) लेन्सः



चित्रम् १८.३

प्रकाशरोधकपिटकस्य अग्रभागे एको लेन्सः संयुक्तो भवति यः छायाग्राहिकाया अभिदृश्यक (Objective) इति नाम्नाभिधीयते । एकस्याः समीचीनायाः छायाग्राहिण्याः लेन्से न्यूनातिन्यूनं चत्वारः कदाचिच्च षडपि लेन्साः भवन्ति । ईदृशः एको लेन्सः चित्रे प्रदर्शितः ।

(स) छिद्रपटम् (Diaphragm)



चित्रम् १८.४

लेन्सस्य पृष्ठभागे एव संयुक्तं एकं गोलाकारकं छिद्रपटं भवति यस्य मध्ये एकं गोलाकारकं छिद्रं भवति । सुषिरमिदं आवश्यकतानुसारेण सङ्कोच्यं वर्धनीयञ्च भवति । लेन्सतञ्च संक्रम्य छायाग्राहिकाभ्यन्तरे गच्छतः प्रकाशस्य मात्रा न्यूना अधिका वा कर्तुं शक्या भवति ।

(द) आच्छादिका शटरो वा (Shutter)



चित्रम् १८.५

बृहच्छायाग्राहिकासु लेन्ससम्मुखे आच्छादिकैका भवति लघुच्छायाग्राहिकासु एका तिरस्करिणी भवति या शटर (Shutter) इति नाम्नाभिधीयते । १/१० इत्यतः १/१६ इति सैकेण्डं यावद् अस्य अपावरणात् तावत्कालपर्यन्तमेव प्रकाशो फोटोपटले फिल्मे वा प्रतिफलति रासायनिकी क्रिया च प्रवर्तते ।

(य) घृष्टशीशकस्य तिरस्करिणी—

प्रकाशरोधकोऽयं पिटके लेन्ससम्मुखे सन्निविष्टं घृष्टशीशकनिर्मितञ्च भवति। छायाग्राहिकायां पटलस्य संयोजनात् पूर्वं लेन्सस्य तिरस्करिण्याश्च मध्यवर्ति अन्तरालं परिवर्त्य वस्तुनः स्पष्टं प्रतिविम्बं तिरस्करिण्यां निर्वर्त्यते। तदनन्तरं तिरस्करिण्याः स्थाने छायाग्राहिपटलं निवेश्यते।

(र) स्लाइडः (Slide)

इदमेकं चिपिटं प्रकाशरोधकं पिटकं भवति यत्र अन्धकाराच्छन्ने प्रकोष्ठेऽथवा रक्तप्रकाशे पटलं संयुज्यते। यर्हि पटले प्रकाशक्षेपोऽपेक्ष्यते तर्हि स्लाइडस्य तिरस्करिणी अपसार्यते।

(ल) पटलम् (Plate)

इदन्तु शीशकमयं भवति यस्य एकस्मिन् तले सिल्वरक्लोराइडस्य, ब्रोमाइडस्य सरेसपदार्थस्य च मिश्रणम् उपलिप्तं भवति। एतेषु रासायनिकपदार्थेषु प्रकाशद्वारा रासायनिक्याः क्रियायाः निष्पत्या: पटले छायाचित्रं सम्पद्यते। पटलस्थाने सैल्यूलाइडस्य फिल्मेष्वपि छायाचित्राणि गृह्यन्ते।

२—छायाचित्रग्रहणविधिः—

यस्य वस्तुनः छायाचित्रग्रहणं अभिलष्यते तस्य सम्मुखे ततश्च किञ्चिद्दूरे छायाग्राहिकायाः लेन्सः निधीयते आच्छादकञ्च अपसार्य वस्तुनः प्रतिविम्बं घृष्टशीशकस्य तिरस्करिण्यामवलोक्यते। भूयश्च लेन्सस्य तिरस्करिण्याश्च मध्यवर्ति अन्तरालं परिवर्त्य वस्तुनः स्पष्टं प्रतिविम्बं तिरस्करिण्यां निर्वर्त्यते। पुनश्च छिद्रपटस्य आकारो एतावद्बृहद् क्रियते यत् प्रतिविम्बे प्रकाशो प्रतिफलेत्। इदानीं अन्धकारावृते प्रकोष्ठे पटलं स्लाइडे इत्थं सन्निवेश्यते यत् पटलस्य यस्मिन् तले रासायनिकः पदार्थः उपलिप्तः भवति स प्रकाशाभिमुखो स्यात्।

पटलं स्लाइडे निधाय शटरोऽवरुध्यते स्लाइडसम्मुखाच्च तिरस्करिणी अपसार्यते। इदानीं छायाग्रहणार्थं वस्तु सर्वथा प्रस्तुतं क्रियते। तदनु "रेडी (Rady) इति शब्दोच्चारणं कृत्वा शटरोऽपसार्यते तथाच प्रकाशस्य तीव्रतायाः पटलस्य च गत्यनुसारेण $\frac{१}{०}$ इत्यतः $\frac{१}{०००}$ इति सैकेण्डं यावत् तदपावृत्य त्वरितमेव अवरुध्यते। इत्थं पटले रासायनिकी क्रिया निष्पद्यते।

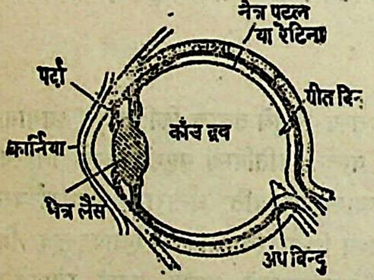
पटलेन सह स्लाइडं अन्धकाराच्छन्ने प्रकोष्ठे नीत्वा पटल एकस्मिन् रासायनिके मिश्रणे निक्षिप्यते। मिश्रणञ्चेदं डेवलपर(developer)इति नाम्नाभिधीयते। अस्य कार्यन्तु पटलस्य तेषु भागेषु यत्र भूयोऽग्रे रासायनिक क्रियायाः प्रवर्तनं भवति तथा च यत्र प्रकाशः प्रक्षिप्तो भवति। अवशिष्टे च भागे अस्य कोऽपि प्रभावो न भवति। डेवलपरस्य रासायनिकक्रियाद्वारा सिल्वरस्य लवणानि सिल्वररूपेण परिवर्त्यन्ते। चत्वारि पञ्च वा मिनटानि यावत् डेवलपरे निधानोत्तरं पटलं जलेन प्रक्षाल्य हाइपोपदार्थस्य (hypo) विलयने निक्षिप्यते विलयने-

ऽस्मिन् निक्षेपणात् यस्मिन् रासायनिके पदार्थे प्रकाशस्य प्रभावो न भवति स प्रक्षालनेन शोध्यते। क्रिया चेयं फिक्सिङ्गेति (fixing) नाम्नाभिधीयते। फिक्सिङ्गोत्तरं पटलं जलेन अनेकवारं प्रक्षाल्य शुष्कीक्रियते। इत्थं पटले यत् प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते तद् निगेटिव (Negative) इति नाम्नाभिधीयते यतः तद् वस्तुनः विपरीतं भवति। वस्तुनः ये भागाः शुक्लाः भवन्ति ते निगेटिवे कृष्णाः ये च भागाः कृष्णाः सन्ति ते शुक्ला भवन्ति। ऋजु प्रतिविम्बम् उपलब्धुं निगेटिवं पटलसदृशे एकस्मिन् आलोकग्राहिणि (light Sensitive) कर्गदे निधाय भूयश्च किञ्चिद् कालं यावत् प्रकाशक्षेपणं क्रियते कर्गदे च निगेटिववत् प्रतिविम्बं संवर्ध्य स्थिरीकृत्य च ऋजु छायाचित्रं निर्वर्त्यते।

३—मनुष्यस्य चक्षुः

मनुष्यस्य चक्षुरपि एकं प्रक्षेपणयन्त्रमस्ति यतः छायाग्राहिकावत् अत्रापि दूरवर्तिनां वस्तूनां प्रतिविम्बाणि तिरस्करिण्यां निर्वर्त्यन्ते।

अक्षिगोलकं वाह्यतः एकेन अपारदर्शकेण श्वेतावरणेन (Salera) आच्छादितं भवति यस्य सम्मुखस्थः भागः पारदर्शकः स्वल्पोन्नतश्च भवति। उन्नतोऽयं भागः कार्निया (Cornea) इति नाम्नाभिधीयते। कार्नियाया अधोभागे छायाग्राहिकायाः छिद्रपटेन (diaphragm) संयुज्यमाना एका तिरस्करिणी (iris) भवति। अस्याः वर्णः विभिन्नेषु मनुष्येषु विभिन्नेषु च देशवासिषु विभिन्नो भवति। भारतीयेषु इयं प्रायशः कृष्णा-



चित्रम् १८.६

शीतदेशवासिषु च कपिला भवति। तिरस्करिण्यामस्याम् एकं लघु छिद्रं भवति यत् अक्षितिलं अक्षिपुत्तलिका वा (Pupit of the Eye) इति नाम्नाभिधीयते। तिलमिदं छिद्रपटसुषिरवत् अन्धकारे वृहद् प्रकाशे च लघु भवति। यतः प्रकाशस्य नियमितमात्रा नेत्राभ्यन्तरे प्रवेष्टुं शक्नोति। तिलस्य तिरस्करिण्याः पृष्ठभागे एको लेन्सः भवति यः नेत्रलेन्स (eyes lense) इति नाम्नाभिधीयते। लेन्सस्यास्य तलयोरुभयोर्वक्रतार्द्धव्यासौ एकसदृशौ न भवतः। अपितु यत्तलं अन्तराभिमुखं भवति तस्य वक्रतार्द्धव्यासः सम्मुखीनस्य तलस्य वक्रतार्द्धव्यासात् न्यूनः भवति। तयोः वक्रतार्द्धव्यासौ क्रमशः ६ सेण्टीमीटरपरिमितः १० सेण्टीमीटरपरिमितश्च भवतः। लेन्सः शीशकवत् कठोरपदार्थेण निर्मितो न भवति अपितु मृदुना पारदर्शकेण च वस्तुना निर्मितो भवति मांसपेशिनां (ciliary-body) साहाय्येन स्वस्थाने स्थिरो भवति।

श्वेतावरणस्य अधोभागे एव एकं कृष्णवर्णीयपटलस्य (Choroid) आवरणं भवति येन स्वकृष्णवर्णत्वात् प्रकाशस्य शोषणं क्रियते तथा च चक्षुर्गोलकाभ्यन्तरे प्रकाशस्य

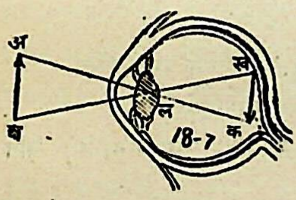
परावर्तनम् अवरुध्यते । पटलस्यास्य अधोभागे चक्षुषः अन्तरतमः पारदर्शकः पटलः वर्तते यः नेत्रपटलम् (retina) इति नाम्नाभिधीयते । पटलोऽयं दृष्टिनाडिकाभिः निर्मितो भवति तदुपरि च प्रकाशस्य प्रतिफलनात् मस्तिष्कोपरि तस्य प्रभावो भवति येन अस्माभिः वस्तूनां रङ्गरूपादीना ज्ञानं क्रियते ।

नेत्रलेन्सस्य कोर्नियायाश्च मध्यस्थाने एकः पारदर्शको द्रवः पूरितो भवति यस्मिन् किञ्चित् साधारणं लवणं मिश्रितं भवति । द्रवोऽयं जलीयद्रव (Aqueous humour) इति नाम्नाभिधीयते । नेत्रलेन्सस्य नेत्रपटलस्य च मध्ये पूरितः पारदर्शको द्रवः काँचद्रव (Vitreous humour) इत्यभिधीयते ।

नेत्रपटलस्य सर्वथा पृष्ठभागे यत्र नाडिका तत्पटलं छित्वा मष्तिष्के प्रविशति तत्र प्रकाशस्य कोऽपि प्रभावो न भवति । अतएव तत्स्थानम् अन्धविन्दुर् (Blind spot) इतिनाम्नाभिधीयते । नेत्रपटलस्य मध्ये गोलाकारक एको विन्दुः भवति यत्र निर्वर्तितं प्रतिविम्बम् अत्यधिकं स्पष्टम् अवलोक्यते । स्थानमिदं पीतविन्दुः (Yellow spot) इत्यभिधीयते ।

नेत्रद्वारा प्रतिविम्बस्य निर्मितिः—

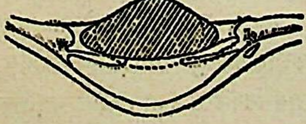
नेत्रद्वारा प्रतिविम्बस्य निर्माणं चित्रे प्रदर्शितम् । यथा छायाग्राहिपिटकेन वास्तविकं विपरीतञ्च प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते (चित्रम् १८.१) तथैव चक्षुषापि वास्तविकं विपरीतञ्च प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते । परन्तु, अस्माकं मस्तिष्के तद्विरीतं प्रतिविम्बं आर्जवेन निर्दिश्यते ।



चित्रम् १८.७

समञ्जतम् (Accomodation)—

मनुष्यस्य स्वस्थाक्षि ईदृग् भवति यत् नेत्रपटलं नेत्रलेन्सस्य फोकसे तिष्ठति । अतएव नेत्राद् दूरवर्तिनां वस्तूनां प्रतिबिम्बं नेत्रपटले अतिस्पष्टं निर्वर्त्यते तदवलोकने च नेत्रोपरि बलाधानं सर्वथैव न भवति । यदि चेद् नेत्रलेन्सः शीशकवद् केनचित् कठोरपदार्थेण निर्मितः स्यात् तर्हि सकाशवर्तिनां वस्तूनां प्रतिबिम्बं नेत्रपटलस्य पृष्ठभागे निर्वर्तेत् तानि वस्तूनि च सुस्पष्टतया दृष्टिपथं न गच्छेयुः । छायाग्राहिपिटके लेन्सं पुरःपश्चाच्च अपसार्य प्रतिबिम्बं सुस्पष्टं क्रियते । परन्तु नेत्रे नेत्रलेन्सस्य नेत्रपटलस्य च मध्यवर्त्यन्तराले परिवर्तयितुं न शक्यते । अतएव सकाशवर्तिनां वस्तूनां प्रतिबिम्बं नेत्रपटले तस्यामेव दशायां निर्वर्त्यते यर्हि तस्य फोक-



चित्रम् १८.८

सान्तरालं ऊनीक्रियते। अतएव नेत्रलेन्सस्य मांसपेशिकाः लेन्सं सम्पीड्य स्थूलं कुर्वन्ति यतः तस्य फोकसान्तरालं ऊनं भवति सकाशवर्तिनश्च वस्तुनः प्रतिबिम्बं नेत्रपटले सुस्पष्टं निर्वर्त्यते। दूरवर्तिनां वस्तूनाम् अवलोकनसमये मांसपेशिकाः लेन्सात् स्वसम्पीडनम् अपाकुर्वन्ति लेन्सश्च प्रतनुः भवति यतः वस्तुप्रतिबिम्बं पुनः नेत्रपटले निर्वर्त्यते। चक्षुषोरियं शक्तिः समञ्जनक्षमता (Power of Accommodation) क्रिया चेयं समञ्जनम् इत्यभिधीयेते। परन्तु, नेत्रलैन्सस्य मांसपेशिकाः नेत्रलेन्सस्य फोकसान्तरालं अनिश्चितभावेन लघूकर्त्तुं न पारयन्ति, अपितु तस्य लघूकरणस्यापि एकः सीमा भवति। यदि अस्माभिः किञ्चिद्वस्तु निरन्तरं नेत्रसकाशं आनीयते तर्हि प्रायशः २५ अथवा ३० सेण्टोमीटरान्तरालं यावत् तु तत् सुस्पष्टम् अवलोक्यते किन्तु यदि तदपेक्षया अधिकनिकटं आनीयते तर्हि तद् अस्पष्टं प्रतीयते। तन्निकटतमा स्थितिर्, यत्र किञ्चिद् वस्तु चक्षुषा सुस्पष्टम् अवलोक्यते, नेत्रस्य निकटबिन्दुर् (Near Point) इति नाम्नाधियते। निकटबिन्दोर् नेत्रस्य च मध्यवर्त्यन्तरालन्तु स्पष्टदृष्ट्याः न्यूनतमान्तरालम् (Least distant of distinct Vision) इत्यभिधीयते। स्वस्थनेत्राय अन्तरालमिदं २५ अथा ३० सेण्टीमीटरपरिमितं भवति। तद्दूरतमास्थितिर्यत्र किञ्चिद्वस्तु नेत्रेण सुस्पष्टं दृश्यते नेत्रस्य दूरबिन्दुर् (Far Point) इत्यभिधीयते स्वस्थनेत्राय च बिन्दुरयं अनन्त्यां तिष्ठति।

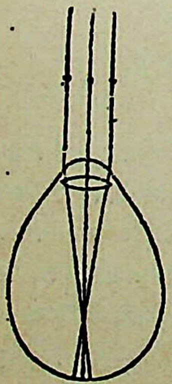
४—नेत्रदोषाः तेषां निवारणञ्च :—

नेत्रे अनेकदोषाः सम्भवन्ति किन्तु तेषां मध्ये अधोऽङ्कितं दोषद्वयम् प्रमुखमस्ति—

(१) निकटदृष्टिः (Short Sight or myopio)

(२) दूरदृष्टिः (Lohg Sight or hypermetrapio) चेति

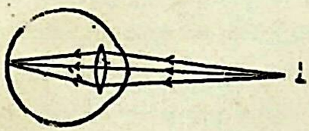
(१) निकटदृष्टिः–



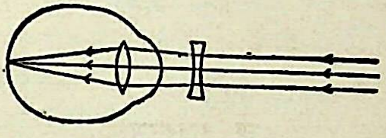
चित्रम् १८.९

बहवः पुरुषाः पुस्तकावलोकने कष्टं नानुभवन्ति किन्तु, तैः १५ अथवा २० मीटरदूरे निहितं वस्तु न दृश्यते। अस्य कारणमिदं यत् तेषां मानवानां नेत्रलेन्सस्य फोकसान्तरालं स्वाभाविकावस्थायां एतावदल्पं भवति यत् तेन दूरवर्तिनां वस्तूनां प्रतिबिम्बं नेत्रपटले निर्वर्त्यं न भवति। (चित्रम् १८.९)। समञ्जनक्षमताहेतोः फोकसान्तरालमिदं भूयः लघूभवितुं शक्नोति किन्तु वर्धनेऽसमर्थं भवति। अतएव वस्तु यावत् चक्षुषोः एतावन्निकटे न आगच्छति यत् तस्य प्रतिबिम्बं नेत्रपटले निर्वर्तितं स्यात् तावत् पर्यन्तं तेन तत्तु न स्पष्टं दृश्यते। चित्रे अनन्त्या आगामिनः किरणाः नेत्रपटलं यावत् प्राप्तेः पूर्वमेव एकस्मिन् बिन्दौ एकत्रीभवन्ति। अतएव नेत्रपटलोपरि प्रतिबिम्बं निर्वर्तयितुं दूरबिन्दुर् अनन्त्याः अपसृत्य कस्मिंश्चिद् "द" इति बिन्दौ (चित्रम् १८.१०) सङ्गच्छति निकट बिन्दुश्च सामान्यबिन्दुतोऽपि निकटम् आगच्छति अतिनिकटात् पुस्तकपठनात् अथवा शयनावस्थायां पठनात् दोषोऽयं नेत्रे उत्पद्यते।

दोषेऽस्मिन् नेत्रलेन्सः स्थूलीभूय अधिकोत्तलः भवति अथवा नेत्रगोलके किञ्चिद् दैर्घ्यं उत्पद्यते ।



चित्रम् १८.१०



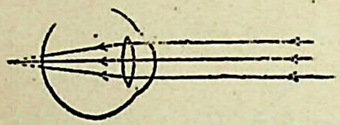
चित्रम् १८.११

दोषस्यास्य निराकरणार्थं समुचितशक्तिकावतललैन्सीयानि उपनेत्राणि नेत्रे संयुज्यन्ते यतः अनन्त्या आगामिनः किरणाः नेत्रपटले एकत्रीभवन्ति (चित्रम् १८.११) प्रतिबिम्बञ्च स्पष्टं निर्वर्त्यते । यतः अवतललेन्साभावे 'द' इति दूरबिन्दुतः चलन्तः किरणाः नेत्रपटले सङ्गमनं कुर्वन्ति स्म इदानीञ्च अवतललैन्सत्वात् अनन्त्याः आगामिनः किरणाः तत्र मिलन्ति, अतएव दूरबिन्दुर् अवतललैन्सस्य फोकसो भवति । अतएव निकटदृष्ट्याः दोषम् अपसारितुं यदि अवतललेन्सः चक्षुषः समीपे न्यस्येत तर्हि तस्य फोकसान्तरालं अक्ष्णः दूरबिन्दोः चक्षुषश्च मध्यान्तरालस्य तुल्यं स्यात् ।

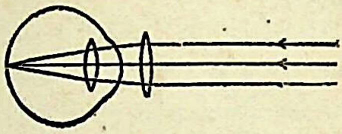
(२) दूरदृष्टिः

यस्य मनुष्यस्य नेत्रे दोषोऽयं वर्तते स दूरवर्तिनं वस्तु सुस्पष्टं पश्यति, परन्तु निकटवर्तिनं वस्तु स्पष्टतया नावलोकयति । स पुस्तकं पठितुं तं हस्तेन गृहीत्वा अधिकाधिके दूरे स्थापयितुं यतते । अतिदूरवर्तिभ्यः वस्तुभ्यः आगामिनः समान्तरकिरणाः नेत्रलेन्सात् निर्गमनानन्तरम् नेत्रपटलस्य पृष्ठभागे कस्मिंश्चिद् बिन्दौ प्रतिबिम्बं निर्वर्तयन्ति (चित्रम् १८.१२) परन्तु, समंजनक्षमताहेतोः लैन्सस्य फोकसान्तरालस्य अल्पत्वं सम्भाव्यते दूरवर्तिनाञ्च वस्तूनां प्रतिबिम्बं नेत्रपटले निर्वर्त्यं भवति । अतएव दूरवर्तिनां वस्तूनाम् अवलोकने किञ्चित्काठिन्यं नानुभूयते । यावदेव वस्तु नेत्रनिकटे आगच्छति तस्य प्रतिबिम्बं नेत्रपटलात् भूयोऽधिके पृष्ठभागे निर्वर्त्यते समंजनक्षमता च सामान्यनिकटबिन्दोर् (Normal point) आगमनात्पूर्वमेव समाप्यते । एतादृशाय मानवाय निकटबिन्दुः सामान्यनिकटबिन्दोर् अधिकदूरे वर्तते । दोषस्यास्य कारणद्वयं सम्भाव्यते । नेत्रलैन्सस्य फोकसान्तरालस्य आधिक्यं अथवा नेत्रगोलकस्य अधिकाल्पत्वम् यतः समान्तरकिरणानां प्रतिबिम्बं गोलकाद् बहिः निर्वर्त्यते । दोषस्यास्य अपसारणार्थं समुचितक्षमताकोत्तलललैन्सानाम् उपनेत्राणि नेत्रे आरोप्यन्ते, यतः नेत्रपटले निष्पतन्तः किरणाः समधिकं वक्रीभवन्ति

तेषा प्रतिबिम्बं च नेत्रपटले निर्वर्त्यते । (चित्रम् १८.१३) ।



चित्रम् १८.१२



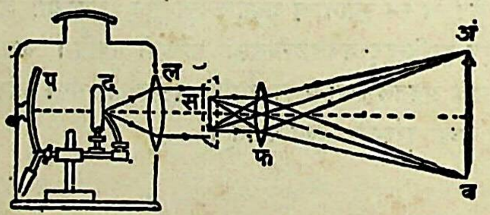
चित्रम् १८.१३

५—प्रक्षेपणलालटेनं प्रक्षेपी वा (Projection lantern)

यन्त्रस्यास्य साहाय्येन पारदर्शकवस्तूनां बृहद्प्रतिबिम्बं तिरस्करिण्यां निक्षिप्यते । चित्रं इदं १८.१४ इति चित्रे प्रदर्शितम् । अस्य निम्नलिखिताः भागाः सन्ति :—

(१) प्रबलप्रकाशस्रोतः (Strong source of light)

इयन्तु १०० वाटीयं 'द' इति बल्वं भवति यस्य पृष्ठभागे एकः प्रोज्ज्वलः 'प' इति परावर्तकः (reflector) संयुक्तो भवति । यदि चेद् कस्मिंश्चिद् स्थाने विद्युदभावो स्यात् तर्हि एसिटिलीनलैम्पः प्रयुज्यते ।



चित्रम् १८.१४

(२) संग्राहकः लेन्सः (Condensing Lens)

कण्डिकायाः प्रकाशम् एकत्रीकृत्य 'स' इति पारदर्शकस्लाइडे तस्य निक्षेपणमेव 'ल' इति लैंसस्य कार्यम् ।

(३) स्लाइडधारकः (Slide Carrier)

अयन्तु काष्ठेन धातुना वा निर्मितः एकः चतुर्भुजीयाधारको भवति यत्र स्लाइडाः संयुज्यन्ते । उत्तलैः लैन्सैः वस्तुनः वास्तविकं विपरीतं प्रतिबिम्बं निर्वर्त्यते, अतएव ऋजु प्रतिबिम्बं निर्वर्तयितुं विपरीताः स्लाइडाः निवेश्यन्ते ।

(४) प्रतिबिम्बस्पष्टकारी लैन्सः (Focussing lens)

'फ' इत्येक उत्तललैन्सः स्लाइडात् किञ्चिद्दूरे संयुक्तो भवति । अयन्तु घुण्टिकयैकया पुरःपश्चाद् अपसारयितुं शक्यते यतः भित्तिकोपरि लम्बमानायां तिरस्करिण्यां स्लाइडस्य प्रतिबिम्बं स्पष्टीक्रियते ।

कार्यसम्पादनविधि: :—

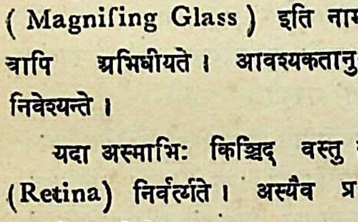
'द' इति तीव्रकण्डिकाया: प्रकाश: 'ल' इति लैन्सद्वारा एकत्रीकृत्य 'स' इति स्लाइडे निक्षिप्यते यत: स्लाइडे अतितीव्र: समानप्रकाश: प्रतिफलति। स्लाइडात् वहिर्भूय प्रकाश: प्रतिविम्वस्पष्टीकारिण: 'फ' इति लैन्सात् परिसृत्य भित्तिकोपरि लम्बमानायां तिरस्करिण्यां प्रतिफलति। स्लाइडं पिपरीतं कृत्वा तत् स्लाइडधारके निवेश्यते। प्रथमन्तु तिरस्करिण्यां स्पष्ट प्रतिविम्वं न निर्वर्त्यते। यदा स्पष्टीकरणाय 'फ' इति लैन्स: पुर:पश्चात् अपसार्यते तर्हि तिरस्करिण्यां 'अव' इति स्पष्ट प्रतिविम्वं निर्वर्त्यते।

नेत्रसहायकं यन्त्रम्

१—सरलसूक्ष्मदर्शी (Simple Microscope)

यदि चेद् किञ्चिद् वस्तु उत्तललैन्सेन सङ्क्रमान्तराद् अल्पेऽन्तराले निधीयते तर्हि तस्य बृहद् आभासिकं ऋजु च प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते। अतएव उत्तललैन्सत अवलोकनात् तद् वस्तु आकारे बृहद् ज्ञायते। एतद्गुणकारणात् उत्तललैन्स: 'आवर्धकलैन्स (Magnifing Glass) इति नाम्ना पाठलैन्स (Reading lens) इति नाम्ना चापि अभिधीयते। आवश्यकतानुसारम् इमे लैन्सा: विभिन्नप्रकारकेषु आधारेषु निवेश्यन्ते।

यदा अस्माभि: किञ्चिद् वस्तु दृश्यते तर्हि तस्य प्रतिविम्बं अस्माकं नेत्रस्य पटले (Retina) निर्वर्त्यते। अस्यैव प्रतिविम्वस्य आकारानुसारेण वस्तु लघु बृहद् वा प्रतीयते। प्रतिविम्वस्यास्य आकार: तेन वस्तुना नेत्रे निर्वर्तितकोणाश्रितो भवति। यावदेव तद्वस्तु नेत्रसकाशे आनीयते कोणोऽयं वर्द्धते इदं वस्तु च बृहद् दृश्यते। किन्तु यदि तद्वस्तु नेत्रनिकटे क्रियते तर्हि तत् भूयो स्पष्टं न दृश्यते। यत: स्पष्टतया दृश्यमानतायै चक्षुष: कस्यचिद् वस्तुन: अत्यल्पस्य अन्तरालस्य आवश्यकता भवति। सामान्यमानवानां कृते अन्तरमिदं प्राय: २५ अथवा ३० सेण्टीमीटरपरिमितं भवति।

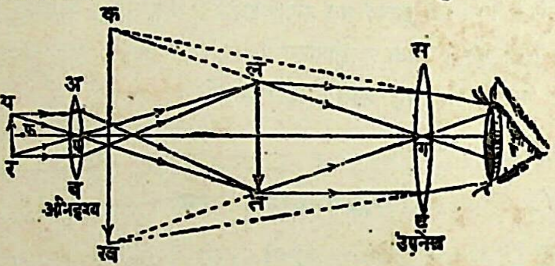


चित्रम् १८.१५

चित्रे "प द" इति स्पष्टदृष्ट्या: न्यूनतमान्तरालम् अस्ति अतो "व" इत्यत्र निहितं वस्तु लैन्सं विना नेत्रेण स्पष्टतया न दृश्यते।

७—यौगिकः सूक्ष्मदर्शी (Compound Microscope)

अस्मिन् सूक्ष्मदर्शिनि सरलसूक्ष्मदर्शिनोऽपेक्षया अत्यधिकम् आवर्धनं भवति । सामान्य-रूपेण यौगिकः सूक्ष्मदर्शी द्वाभ्यां उत्तललैन्साभ्यां निर्मीयते यौ एकस्यां नलिका-भ्यन्तरे अन्योन्यतः किञ्चिदन्तरे सन्निविष्टौ भवतः । वस्त्वभिमुखीनः लैन्सः अभिदृश्यकः



चित्रम् १८-१६

(objective) नेत्राभिमुखीनश्च लेन्सः नेत्रिका (eye piece) इति नाम्नाभियोयेते । चित्रे इमौ क्रमशः "अ ब" इति "स द" इति च लैन्साभ्यां प्रदर्शितौ । अभिदृश्यकोऽल्प-फोकसान्तरालकः लघुमुखव्यासकश्च भवति किन्तु नेत्रिकायाः लैन्सः अधिकफोकसान्तरालकः दीर्घमुखव्यासकश्च भवति । नेत्रिका एकनलिकाभ्यन्तरे पुरःपश्चात् कर्त्तुं शक्यते यतः अभिदृश्यकनेत्रिकयोर्मध्यवर्ति अन्तरालं परिवर्तयितुं शक्यते ।

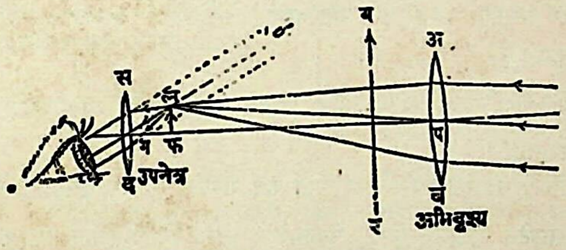
सूक्ष्मदर्शिना दृश्यं "य र" इति वस्तु अभिदृश्यकादधोभागे फोकसान्तरालात् किञ्चिद-धिकेऽन्तराले निवेश्यते यतः तस्य विपरीतं वृहद् वास्तविकञ्च "ल त" इति प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते । भूयश्च नेत्रिकाया अन्तरालं इत्थं समञ्ज्यते यत् "ल त" इति प्रतिविम्बं तस्य फोकसान्तरालाद् अल्पेऽन्तराले तिष्ठति यतः "क ख" इति अन्तिमं प्रतिविम्बं वृहद् विपरीतम् आभासिकञ्च निर्वर्त्यते । नेत्रिकायाः याथार्थ्येन उपरिभागे निविश्टाय नेत्राय प्रतिविम्बमिदं स्पष्टदृष्ट्याः न्यूनतमान्तराले निर्वर्त्यते ।

८—दूरदर्शी (Telescope)

यन्त्रमिदं दूरवर्तिनां वस्तूनां दर्शनार्थं प्रयुज्यते । इदन्तु पित्तलस्य अन्तःशून्यनलिकाया शीर्षयोरुभयोः उत्तललैन्सद्वयस्य एतादृशात् सन्निवेशात् निर्वर्त्यते यत् तयोर्मध्ये फोकसान्त-रालयोर्योगतुल्यम् अन्तरालं भवेत् । "अ ब" इत्यभिदृश्यको, यत्र वस्तुनः किरणा आगत्य प्रतिफलन्ति, अधिकमुखव्यासकः अधिकफोकसान्तरालकश्च लैन्सो भवति । अधिकमुखव्या-सकत्वात् तद्वस्तु प्रचुरं प्रकाशं संगृह्य भास्वरं प्रतिविम्बं निर्वर्तयति । "सद" इति नेत्रिका यत्समीपे चक्षुर्निवेश्यतेऽल्पान्तरालकः लैन्सो भवति । तस्य मुखव्यासोऽपि अत्यल्पो भवति यतः नेत्रिकातः निर्गच्छन् सम्पूर्णः प्रकाशः नेत्रपुत्तलिकायां संक्रामति । यः प्रकाशः नेत्रपु-त्तलिकाभ्यन्तरे न गच्छति स व्यर्थो भवति ।

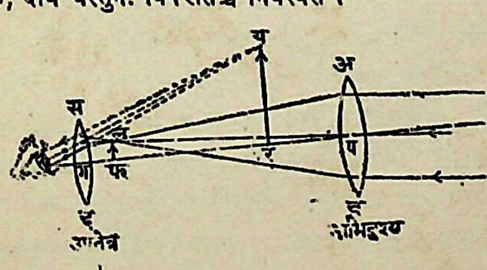
अनन्त्यां सन्निविष्टात् कुतश्चिद् वस्तुन आगामिनः समान्तरकिरणाः "अ ब" इति

अभिदृश्यके प्रतिफलन्ति ततश्च निर्गमनानन्तरं "अ ब" इत्यस्य "फ" इति फोकसतले प्रतिबिम्बं निर्वर्तयन्ति। प्रतिबिम्बमिदं "स द" इति नेत्रिकाया अपि फोकसे निर्वर्त्यते। अतएव उपनेत्रात् निर्गमनानन्तरं समान्तरकिरणाः नेत्रे प्रतिफलन्ति ये अनत्याः कुतश्चिद् बिन्दोः आगच्छन्तः प्रतीयन्ते। इत्थम् अन्तिमं प्रतिबिम्बं "ग र" इति अनन्त्यां निर्वर्त्यते (चित्रम् १८-१७)।



चित्रम् १८-१७

परन्तु साधारणे व्यवहारे स्पष्टदृष्ट्याः न्यूनतमान्तराले निर्वर्तितं प्रतिबिम्बं नेत्रेण स्पष्टतया दृश्यते। अतएव नेत्रिका दूरदर्शिनः नलिकायाम् एतावदधिसार्यते यत् अभिदर्श-केन निर्वर्तितं प्रतिबिम्बं नेत्रिकातः तस्य फोकसान्तरालापेक्षया अल्पान्तराले तिष्ठति अन्तिमञ्च प्रतिबिम्बं स्पष्टदृष्ट्याः न्यूनतमान्तराले निर्वर्त्यते (चित्रम् १८-१८)। प्रतिबि-म्बमिदं आभासिकं, दीर्घं वस्तुनः विपरीतञ्च निर्वर्त्यते।



चित्रम् १८-१८

विभिन्नान्तरालस्थितानां वस्तूनां प्रतिबिम्बनिर्वर्तनार्थं लैन्सद्वयस्य मध्यवर्त्यन्तरालं परिवर्त्यते अतएव नेत्रिका एकस्यां पृथग्नलिकायां सन्निविष्टा भवति। एतन्नलिकाभ्यन्तरे च नेत्रिकायाः फोकसे स्वस्तिकासूत्राणि अपि सन्निविष्टानि भवन्ति। नलिकेयं दीर्घनलि-कायां पुरः पश्चात् अभिसारितुं शक्या भवति।

अनेन दूरदर्शिना अन्तिमं प्रतिबिम्बं विपरीतं निर्वर्त्यते। अतएव अयं भुवि-स्थितानां वस्तूनाम् अवलोकनार्थं न समीचीनोऽस्ति। अयन्तु सूर्यचन्द्रनक्षत्रादीनाम् आकाशीयपिण्डा-नाम् अवलोकनार्थम् उपयुक्तोऽस्ति। अतएवायं खगोलीयः दूरदर्शीत्यभिधीयते।

प्रश्नाः

१—छायाग्राहिणः पिटके के भागाः सन्ति ? प्रत्येकस्य कार्यं छायाग्रहणविधिश्च वर्णनीयौ ।

२—छायाग्राहिपिटकस्य नेत्रस्य च तुलना करणीया ।

३—चित्राङ्कनं कृत्वा मानवनेत्रस्य विभिन्नभागानां कार्याणि वर्णनीयानि ।

४—किं नेत्रेण वस्तूनां विपरीतं प्रतिविम्बं निर्वर्त्यते ? तथासति प्रतिविम्बं किमर्थं ऋजु प्रतीयते ?

५—समञ्जनस्य कोऽर्थः ? दूरविन्दोः, निकटविन्दोः स्पष्टदृष्ट्याश्च न्यूनतमान्तरालानि विस्तरेण निर्देश्यानि ।

६—नेत्रे के दोषाः भवन्ति तेषां निवारणञ्च कथं भवति ? चित्राङ्कनद्वारा निर्देश्यम् ?

७—प्रक्षेपणलालटेनं कस्मिन् कार्ये प्रयुज्यते ? तस्य विभिन्नभागानां कार्याणि चित्रेण निर्देश्यानि ।

८—सरलसूक्ष्मदर्शिनः चित्राङ्कनं कृत्वा तस्य क्रिया निर्देश्या ।

९—यौगिकस्य सूक्ष्मदर्शिनः स्वच्छं चित्राङ्कनं कृत्वा तस्य कार्यकरणं स्पष्टीकरणीयम् ।

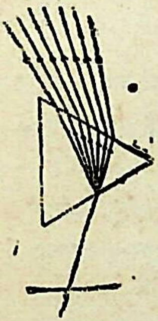
१०—खगोलीयस्य दूरदर्शिनः चित्राङ्कनं कृत्वा तस्य कार्यविधिं निर्दिश्यताम् ।

—:०:—

अध्यायः १६

वर्णविपक्षेपणं स्पेक्ट्रमश्च (Dispersion and the Spectrum)

१—श्वेतप्रकाशस्य प्रक्षेपणम् :—



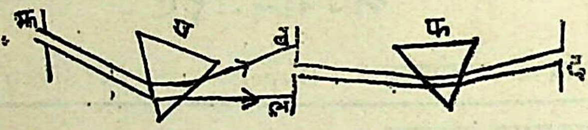
चित्रम् १६-१

श्वेतप्रकाशस्य सङ्घटनं परिज्ञातुं सरायिजकन्यूटनेन तमसाच्छन्ने प्रकोष्ठे गवाक्षस्य अत्यन्तसूक्ष्मसुषिरात् सूर्यकिरणाः सङ्क्रामिताः तेषां मार्गे च एको विपरीतः प्रिज्मः संस्थापितः । प्रिज्मतोऽभिसरणानन्तरं श्वेतः प्रकाशः रङ्गसप्तके विभक्तोऽभवत् । प्रिज्मस्य आधारदिशि सर्वप्रथमं वृन्ताकीयः (Violet) ततश्च क्रमशः नीलः (Indigo), आकाशीयः (Blue), हरितः (green) पीतः (Yellow) नारङ्गीयः (Orange) अन्ते च रक्तः (red) वर्णाः दृष्टाः । रङ्गानां समुदायोऽयं स्पेक्ट्रम इति नाम्नाभिधीयते । वर्णानां क्रमस्य स्मरणार्थं "VIBGYOR" इत्याङ्गलभाषीयः शब्दो अथवा "वृनीआहपीनार" इति शब्दः स्मरणीयः । यदा प्रिज्मः एकस्य क्षैतिजाक्षस्य चतुर्दिक्षु परिभ्रामितः तर्हि स्पेक्ट्रमोऽधः प्रति गमनमारभत । क्रिया चेयं एतावत्पर्यन्तमभवत् यत् न्यूनतमविचलनस्य स्थितिः सम्प्राप्ता यदनन्तरं स्पेक्ट्रमः पुनर् ऊर्ध्वं प्रति गमनमारभत । न्यूनतमविचलनस्थित्यां स्पेक्ट्रमस्य विस्तृतिः न्यूनतमा आसीत् । प्रयोगेणानेन न्यूटनः निष्कृष्टवान् यत् श्वेतः प्रकाशः सप्तानां रङ्गाणां प्रकाशानां संयोजनात् निर्वर्तितोऽस्ति । विभिन्नानां रङ्गाणाम् अपवर्तनाङ्काः विभिन्नाः भवन्ति । एतस्मादेव हेतोः प्रिज्मे प्रवेशकाले ते विभिन्नेषु कोणेषु साचीभवन्ति प्रिज्मतश्च बहिः निर्गमनानन्तरं रङ्गाणां विक्षेपणं (dispersion) भूयोऽपि वर्द्धते । एतत्साधनार्थं प्रिज्मेण रङ्गाः नोत्पाद्यन्ते अपितु तेन श्वेतप्रकाशे पूर्वोपस्थिताः रङ्गाः केवलं पृथक्क्रियन्ते । न्यूटनेन निम्नलिखितः प्रयोगः कृतः ।

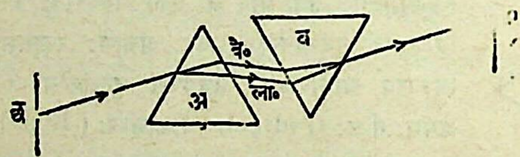
स्पेक्ट्रमस्य कस्यापि रङ्गस्य भूयः प्रिज्मतोऽभिसारणम्

श्वेतप्रकाशः एकस्मात् 'अ' इति तनुस्लिटाद् अभिसार्य 'प' इति प्रिज्मे निक्षिप्तः येन 'ब ल' इति स्पेक्ट्रमो निर्वर्तितः । स्पेक्ट्रमोऽयं एकस्मिन् फलके गृहीतः फलके च एकः तनुस्लिटो निविष्टः यतोऽभिसृत्य एकः कश्चिद् वर्णीयः प्रकाशः (कल्प्यं यत् हरिद्वर्णीयः) 'फ' इति द्वितीये प्रिज्मे प्रतिफलति ततश्च निस्सरणानन्तरं प्रकाशः एकस्मिन् 'द' इति फलके संगृह्यते तर्हि 'द' इत्यत्र प्रतिफलितः प्रकाशो भूयः अन्यरङ्गेषु न विभज्यते । अर्थात् यदि 'फ' इति प्रिज्मतः अभिसरणात् पूर्वं प्रकाशो हरित आसीत् तर्हि ततो निस्सरणा-

नन्तरमपि तस्य वर्णो हरित एव भवति । स्लिटं ऊर्ध्वम् अधो वा अपसार्य प्रत्येकरङ्गस्यार्थं तथ्यमिदं साधितुं शक्यते ।



चित्रम् १६-२

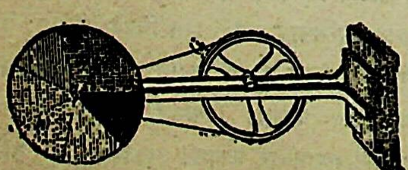


चित्रम् १६-३

१—श्वेतप्रकाशस्य पुनर्निर्माणम् :-

यदि श्वेतः प्रकाशो प्रिज्मतोऽभिसार्येत् तर्हि स रङ्गसप्तके विभज्यते । अन्यमेकं प्रिज्मं वैपरीत्येन निधाय रङ्गसप्तकमिदं पुनः मेल्यते चेत् तर्हि श्वेतप्रकाशो निर्मीयते । अत्राङ्किते १६-३ इति चित्रे प्रबन्धोऽयं प्रदर्शितः । यहि सूर्यप्रकाशः 'छ' इति स्लिटात् अभिसार्य 'अ' इति प्रिज्मे निक्षिप्यते तर्हि तेन 'वृ० र०' इति स्पेक्ट्रमो निर्वर्त्यते । किन्तु अस्य स्पेक्ट्रमस्य मार्गे यहि अन्यः प्रिज्मः वैपरीत्येन निधीयते भूयश्च प्रकाशः 'प' इति तिरस्करिण्यां निक्षिप्यते तर्हि प्रिज्मोऽयं पुनः सर्वरङ्गान् मेलयति 'प' इति श्वेतफलके च श्वेतप्रकाशपट्टिका अवलोक्यते । यदि चेद् 'अ' इति प्रिज्मेण निर्गीततस्य 'वृ० र०' इति स्पेक्ट्रमस्य सम्मुखे नागजिह्विका—पेन्सिलेति भाषायाम् अथवा अन्यत्किञ्चिद् अपारदर्शकं वस्तु निधीयेत तर्हि तेन स्पेक्ट्रमस्य किञ्चिदशः छिद्यते प्रकाशपट्टिका च रङ्गयुक्ता भवति ।

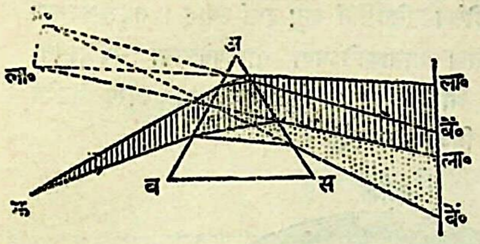
न्यूटनस्य चक्रिकायाः प्रयोगः



चित्रम् १६-४

सप्तभी रङ्गैः श्वेतप्रकाशस्य पुनर्निर्माणं न्यूटनीयया चक्रिकयापि दर्शयितुं शक्यते । काष्ठस्य पट्टस्य वा एका वर्तुला चक्रिका स्पेक्ट्रमीयैः रङ्गैः रज्यते । चक्रिकेयं यर्हि भ्राम्यते तर्हि नेत्रे सर्वेषां रङ्गाणां सम्मिलितः प्रभावो भवति चक्रिका च श्वेतवर्णीया प्रतीयते ।

३—अशुद्धः शुद्धश्च स्पेक्ट्रमः (Impure and Pure Spectrum)

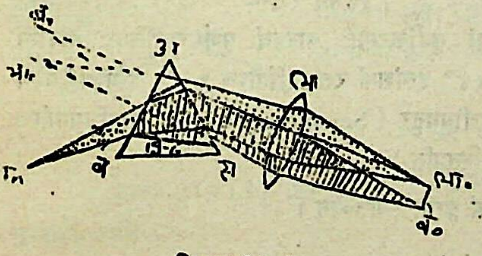


चित्रम् १९-५

यहि कुतश्चित् 'भ' इति तनुजालिकातः श्वेतं प्रकाशं प्रिज्मे निक्षिप्य तस्य स्पेक्ट्रमो प्राप्यते तर्हि तस्य रङ्गाः अन्योन्यतः पूर्णतया पृथक्त्वं न प्राप्नुवन्ति अपितु यत्किञ्चिद् परस्परं मिलन्ति। इत्थं मिलतानां रङ्गाणां स्पेक्ट्रमोऽशुद्धस्पेक्ट्रम इत्यभिधीयते (चित्रम् १९-५)।

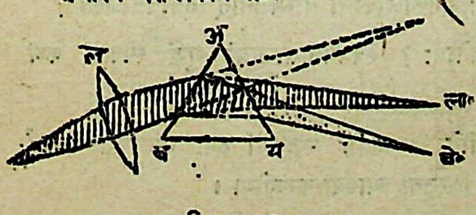
शुद्धस्पेक्ट्रमस्य प्राप्त्युपायाः

१—'झ' इत्येकां तनुजालिकां श्वेतप्रकाशेन प्रकाश्य प्रकाशमार्गे एकः प्रिज्मः पीतकिरणानां कृते न्यूनतमस्य विचलनस्य स्थित्यां निधीयते। स्थित्यामस्यां कोऽपिः विशिष्टवर्णीयः किरणः एकेदृग्बिन्दुतः आगच्छन् प्रतीयते यः प्रिज्मतः जालिकायाः दिशि प्रायेण तावत्येवान्तराले तिष्ठति यावद्दूरे जालिका तिष्ठति। इत्थं रक्तः वृन्ताकीयश्च किरणौ क्रमशः वामभागतः 'र० इति वृ०' इति च बिन्दुभ्याम् आगच्छन्तौ प्रतीयेते। यदि चेद् प्रिज्मतः निर्गच्छन् प्रकाशो नेत्रेण दृश्येत तर्हि एक आभासिकः स्पेक्ट्रमो दृश्यते यत्र रक्तरङ्गोऽधोभागे वृन्ताकीयश्च उपरि वर्तते। यदि इदानीं 'ल' इति उत्तललैंसः प्रिज्मस्य तिरस्करिण्याश्च मध्ये इत्थं निधीयेत यत् स्लिटात् तस्य अन्तरालं तस्य फोकसान्तरालाद् अधिकं स्यात् तर्हि तिरस्करिण्यां एको वास्तविकः शुद्धः स्पेक्ट्रमो (real pure spectrum) निर्वर्त्यते यथा चित्रेण स्पष्टीभवति।



चित्रम् १९-६

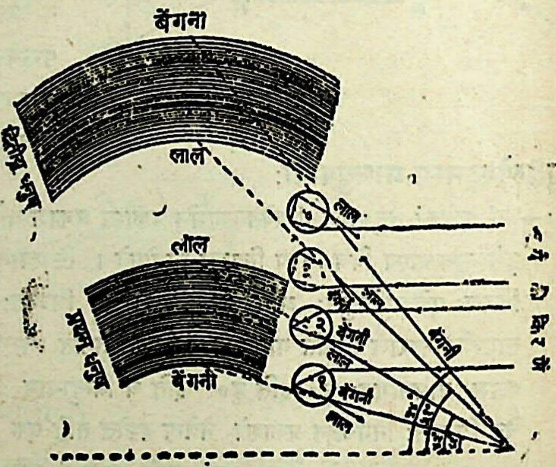
२—यदि चेद् एकोत्तलं लैंसं जालिकानन्तरं फोकसान्तरालाद् अधिकेऽन्तराले निधाय प्रिज्मः लैंसस्य तिरस्करिण्याश्च मध्ये मध्यवर्तिनः किरणस्य अर्थात् पीतकिरणस्य कृते न्यूनतमविचलनस्य स्थित्यां निधीयेत तर्हि एकरङ्गीयेषु किरणेषु प्रायेण एकसदृशं विचलनं भविष्यति तिरस्करिण्याश्च एको वास्तविकः शुद्धः स्पेक्ट्रम आगमिष्यति, यथा १९-७ इति चित्रे प्रदर्शितम्।



चित्रम् १९-७

४—इन्द्रधनुः (Rain Bow)

प्रायेण सर्वेणैव वर्षाकाले आदित्यालोकेन निर्वर्तितं धनुः दृष्टं स्यात् । तद्वृत्ताकारकः प्राकृतिकः स्पेक्ट्रमः अतीवसुन्दरः प्रतिभाति । प्रातःकालेऽथवा सान्ध्यवेलायां सूर्ये क्षितिजनिकटे सति तद्धनुरधिकतरं दृश्यते । आदित्यालोकः वर्षासीकरैः याथार्थ्येण तद्वदेव स्पेक्ट्रमस्य रङ्गेषु विश्लेषितो भवति यथा प्रिज्मेण सम्पद्यते ।



चित्रम् १६-८

चित्रे १,२,३,४ इत्येभिः जलविन्दवः विवर्ध्य प्रदर्शिताः १ एवं २ संख्यकाभ्यां विन्दुभ्यां सूर्यकिरणाः एकवारं पूर्णपरावर्तिताः भवन्ति । यतः वृन्ताकवर्णीयाः किरणाः चक्षुषा सह ४०° इत्यंशकं रक्तवर्णीयाः किरणाश्च ४२° इत्यंशकं कोणं निर्वर्तयन्ति । इत्थं निर्वर्तितं धनुः प्रथमधनुः (Primary bow) इत्यभिधीयते । अत्र रक्तवर्णः उर्ध्वदेशे वृन्ताकीयश्च वर्णोऽधस्तिष्ठति । ३ एवं ४ संख्यकाभ्यां विन्दुभ्यां सूर्यकिरणाः वारद्वयं पूर्णपरावर्तिताः भवन्ति यत्र वृन्ताकीयाः किरणाः चक्षुषा सह ५४° इत्यंशकं रक्तवर्णीयाश्च ५१° इत्यंशकं कोणं निर्वर्तयन्ति । इत्थं निर्वर्तितं धनुः द्वितीयधनुर् (Secondary bow) इत्यभिधीयते । अत्र वृन्ताकीयः वर्णः उर्ध्वे रक्तवर्णोऽधस्तिष्ठति ।

इन्द्रधनुः द्रष्टुं सदैव पृष्ठं सूर्याभिमुखं कृत्वा स्थातव्यम् ।

प्रश्नाः

१—न्यूटनेन कथं साधितं यत् श्वेतालोकः अनेकालोकानां सम्मिलनात् निर्वर्तितोऽस्ति ?

२—अशुद्धस्य शुद्धस्य च स्पेक्ट्रमस्य कोऽर्थः ? स्वप्रयोगशालायां शुद्धं स्पेक्ट्रमं कथं प्राप्स्यसि ?

३—इन्द्रधनुः कथं निर्वर्त्यते ? प्रथमे द्वितीये च धनुषोः रङ्गाणां क्रमः एकसदृशः किमर्थं न भवति । चित्राङ्कनं कृत्वा धनुषः विस्तृता व्याख्या करणीया ।

—•—

चतुर्थः परिच्छेदः

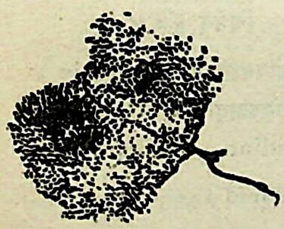
चुम्बकत्वम्

अध्यायः २०

चुम्बकस्य साधारणगुणधर्माः

१—प्रकृतिकःचुम्बकः

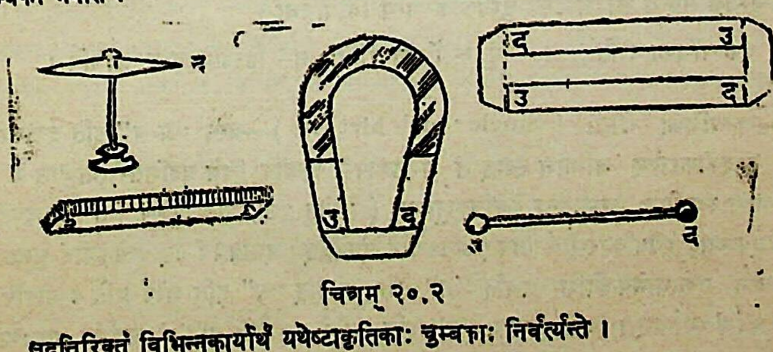
बहुवर्षपूर्वं एशियामायिनरप्रदेशस्य मैग्नेशियानामके स्थाने एकः कृष्णवर्णीयः धातुरधिगतः। स लौहमयानि वस्तूनि स्वाभिमुखम् आकर्षति स्म। स्वातन्त्र्येण तन्तुनैकेन लम्बमानः स धातुर् एकस्यां नियतदिशि अवातिष्ठत्। मैग्नेशियेति नामानुकरणात् धातोरस्य "मैग्नेट" इत्यभिधानं कृतम्। संस्कृतभाषायामस्य "चुम्बक" इत्यभिधानं वर्तते। कालान्तरे धातुरयं जगत अन्येष्वपि देशेषु अधिगतोऽभवत्। अयन्तु लौहस्यैकस्य आक्साइड (Oxide) भवति यस्य सूत्रं Fe_2O_3 इत्यस्ति।



चित्रम् २०.१

नैसर्गिकचुम्बकातिरिक्तं सम्प्रति कृत्रिमश्चापि चुम्बकः एतावत्परिमाणे निर्मीयते यत् प्रत्येकावश्यककार्याय समुचिताकृतिकः सामर्थ्यसम्पन्नश्च चुम्बकः सौकर्येण उपलभ्यते। अतः प्राकृतिकः चुम्बकः साम्प्रतं केवलं कक्षायां छात्राणां कृते प्रदर्शनार्थमेव व्यवह्रियते। कृत्रिमः चुम्बकः प्रायेण आकृतित्रये उपलभ्यते:—

१—चुम्बकदण्डः, (२) नालचुम्बकः (३) सूचीचुम्बकश्चेति। किन्तु, गोलध्रुवाणामपि चुम्बको भवति।

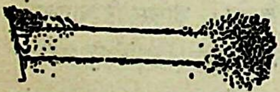


चित्रम् २०.२

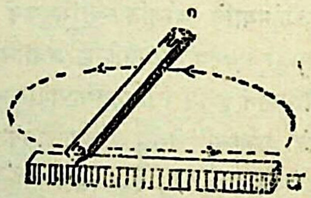
तदतिरिक्तं विभिन्नकार्यार्थं यथेष्टाकृतिकाः चुम्बकाः निर्वर्त्यन्ते।

२—परिभाषा:

ध्रुवम् (Poles)—यद्येक: चुम्बक: लौहचूर्णे निक्षिप्य बहि: निस्सार्यते तर्हि लौह-चूर्णानि तत्र अनुषक्तानि दृश्यन्ते । किन्तु, तत्रानुषक्तचूर्णस्य मात्रा चुम्बकस्य सम्पूर्णे दैर्घ्ये एकसदृशी न भवति । शीर्षेऽधिकं चूर्णम् अनुषज्यते मध्ये चात्यल्पम् । अतएव प्रत्येकशीर्षे चुम्बकाभ्यन्तरेऽस्माभिरेक: ईदृश: विन्दु: कल्पयितुं शक्यते यत्र चुम्बकत्वं सर्वाधिकं स्यात् । विन्दुरयं चुम्बकस्य ध्रुवमित्यभिधीयते । नेदमावश्यकं यत् ध्रुवं चुम्बकस्य याथार्थ्येण मध्ये एव भवेत् । एतद्विपरीतन्तु शीर्षसमीपे एकस्मिन् कोणेऽपि तत् स्थातुं शक्नोति । यदि चेद् चुम्बकदण्ड: सूत्रेण प्रलम्ब्य काष्ठाधारे संयुज्यते तर्हि तस्य यच्छीर्षम् उत्तराभिमुखीनं भवति तदुत्तरीयं ध्रुवम् (North Pole) दक्षिणाभिमुखञ्च दक्षिणीयं (South Pole) ध्रुवमित्यभिधीयेते ।



चित्रम् २०.३



चित्रम् २०.४

औदीच्ययाम्ययोर्ध्रुवयो: संयोजिनी काल्पनिकी रेखा चुम्बकीयमक्षम् (Magnetic) इत्यभिधीयते । यदि चेद् स्वातन्त्र्येण लम्बमानस्य चुम्बकस्य अक्षमध्याद् अधिसरन्तमेकं तलं कल्प्यते तर्हि तत्तलं चुम्बकीयं याम्योत्तरम् (Magnetic meridian) इत्यभिधीयते ।

उभयोर्ध्रुवयोर्मध्यान्तरं चुम्बकस्य प्रभावकर आयाम इत्यभिधीयते ।

३ चुम्बकस्य निर्माणविधय:

प्राधान्येन चुम्बक: द्विधा निर्मीयते । लौहदण्डं विशुद्धायोदण्डं वा चुम्बकेन संघृष्य इत्येक: प्रकार: । लौहदण्डस्य चतुर्दिक्षु विद्युद्धारां प्रवाह्य इति द्वितीय: प्रकार: । लौहदण्डेन चुम्बकं संघृष्य लौहखण्डस्य चुम्बकीकरणस्य विधिस्त्रिधा ।

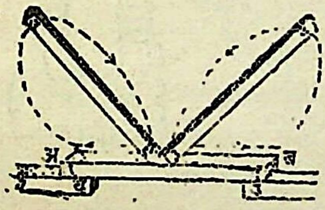
अ— एकस्पर्शिका रीति:, ब— पृथक्स्पर्शिका रीति: स— द्विस्पर्शिका रीतिश्चेति ।

अ—एकस्पर्शिका रीति: (Single touch Method)—यस्य "अ ब" इति दण्डस्य चुम्बकीकरणम् अभिप्रेतं स्यात् तं पीठिकोपरि निधाय चित्रे प्रदर्शितरीत्या "उ द" इति स्थायिन: चुम्बकस्य केनचिद्ध्रुवेण (चित्रेतु "उ" इति ध्रुवेण) तं लौहदण्डं एकस्माद् शीर्षादपरशीर्षं यावत् अनेकवारं संघर्षयेत् । अत्रावधेयं यत् प्रत्येकवारं चुम्बकेन एकस्यामेव दिशि अर्थात् "अ" इति शीर्षात् "ब" इति शीर्षं प्रति दण्डोपरि घर्षणं कर्तव्यम् । यदा चुम्बक: "ब" इति शीर्षं प्राप्नोति तर्हि तं सर्वथैव उत्थाप्य

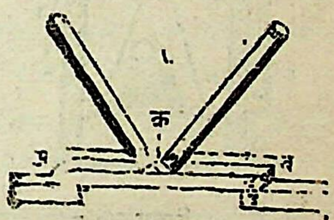
भूयः "अ" इति शीर्षात् घर्षणीयम् । इत्थं भूयोभूयः घर्षणात् "अ ब" लौहदण्डः इति चुम्बको भवति । दण्डस्य यच्छीर्षं घर्षणकारिणा चुम्बकेन अन्ते त्यज्यते तत्तु घर्षणकारिणः ध्रुवात् विपरीतं ध्रुवं भवति ।

ब—पृथग्स्पर्शिका रीतिः (Divide touch Method)—

चुम्बकद्वयं पीठिकोपरि समानदिशि इत्थं संस्थाप्यं यत् तयोर् विपरीतध्रुवे परस्पराभिमुखे स्तः । यस्य दण्डस्य चुम्बकीकरणमभीष्टं स्यात् तं तयोश्चुम्बकयोर्ध्रुवयोरुपरि संस्थापयेत अपरञ्च ध्रुवद्वयं दण्डमध्ये पूर्वयोर्विपरीतध्रुवे निधायेत् (प्रत्येकस्य चुम्बकस्य ध्रुवं पीठिकोपरि तद्वर्तिनः चुम्बकस्य ध्रुवेण संयोज्यम्) तेन च विपरीतदिशि दण्डं घर्षयेत् यथा चित्रे प्रदर्शितम् । इत्थम् वाराननेकान् घर्षणेन लौहदण्डः चुम्बकीभवति । पूर्वोक्तेन ध्रुवीयनियमानुसारेण वामपार्श्वीयं शीर्षम् औदीच्यं ध्रुवं दक्षिणपार्श्वीयञ्च याम्यं ध्रुवम् भवतः ।



चित्रम् २०.५

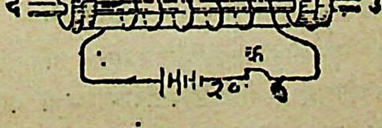


चित्रम् २०.६

स—द्विस्पर्शिका रीतिः (Double touch Method)—

रीत्यामस्यां सर्वथैव पूर्वदर्शितेन विधिना चुम्बकौ संस्थाप्यौ । घर्षकचुम्बकयोर्ध्रुवयोर्मध्ये च काष्ठस्य कार्कस्य वा शकलं निधीयते । इमे उभे ध्रुवे एकदैव दण्डमध्यात् प्रथमं दण्डस्य एकशीर्षं यावत् अभिसार्येते भूयश्च उत्थापनं विनैव दण्डे घर्षणं कुर्वती ते ध्रुवे द्वितीयं शीर्षं यावत् नीयेते । इत्थं वाराननेकान् संघृष्य चुम्बकौ दण्डमध्ये एव संयोज्ये । अत्रावधेयं यत् दण्डस्य प्रत्येकार्द्धांशे तुल्यमेव संघर्षणं भवेत् । दण्डयोर्ध्रुवे संघर्षकयोर्ध्रुवाभ्यां विपरीते भवतः । विधिनानेन वामपार्श्वीयं शीर्षम् औदीच्यं ध्रुवं दक्षिणपार्श्वीयञ्च याम्यं ध्रुवं भविष्यतः ।

विद्युन्चुम्बकीया रीतिः (Electro mgnetic Method)



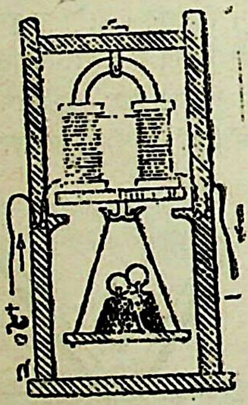
चित्रम् २०.७

यदि चेद् एकशीशकनलिकोपरि सूत्रावेष्टितः ताम्रतन्तुः चित्रे प्रदर्शितविधिना आवेष्ट्य तन्त्वौ प्रबला विद्युद्धारा प्रवाह्यते तर्हि शीशकनलिकाभ्यन्तरे निहितः लौहदण्डकः

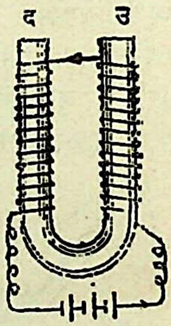
शुद्धायोदण्डको वा चुम्बकीभवति । यदि चेद् दण्डकः शुद्धायोमयः स्यात् तर्हि विद्युद्धारा-वरोधे सति स स्थायी चुम्बको भवति । किन्तु यदि स मृदुलोहमयः स्यात् तर्हि स विद्यु-द्धाराप्रवाहं यावदेव चुम्बकायते धारावरोधे तु तस्य चुम्बकत्वं प्राचुर्येण तिरोहति ।

इत्थं विद्युद्धारा प्रचुरशक्तिकाः चुम्बकाः निर्वर्तयितुं शक्यन्ते । आवश्यकतानुसारेण च तेषामाकृतयः विरच्यन्ते ।

विशाललौहखण्डानामुत्थापनार्थं निम्नप्रकारीयाः चुम्बकाः प्रयुज्यन्ते ।



चित्रम् २०.८



चित्रम् २०.९

ध्रुवाणां परिज्ञानस्य निम्नाङ्किताः नियमाः—

(अ)—दण्डशीर्षोपरि निरीक्षणाद् यदि विद्युद्धारा वामावर्तदिशि (anticlok-wise) प्रवहन्ती प्रतीयेत तर्हि तच्छीर्षमौदीच्यं ध्रुवं भविष्यति यदि चेद् विद्युद्धारा दक्षिणावर्त-दिशि प्रवेहत् तर्हि तच्छीर्षं याम्यं ध्रुवं भविष्यति ।

(ब) यदि चेद् विद्युधारया सह सन्तरणं कुर्वत एकस्येदृशस्य मानवस्य कल्पना क्रियते यस्य मुखं लौहदण्डकाभिमुखं भवेत् तर्हि तस्य वामकरः लौहदण्डस्य औदीच्यध्रुवाभिमुखो भविष्यति।

नियमैरेभिः सुस्पष्टं ज्ञायते यत् नालाकृतिकं किञ्चिल्लौहदण्डं शुद्धायश्शकलं वा चुम्बकीकर्त्तुं तस्यैकभुजः एकपार्श्वे द्वितीयभुजश्च तद्विपरीतपार्श्वे विद्युत्तन्तुः आवेष्ट्यते येन तस्य शीर्षे क्रमशः औदीच्यं याम्यञ्च ध्रुवे भविष्यतः । (चित्रम् २०.९)

पृथिव्याः चुम्बकीयशक्त्या चुम्बकस्य निर्माणविधिः

यदि चेद् एकः शुद्धायोदण्डः भुवोऽन्तरे चुम्बकीयबलस्य दिशि स्थाप्यते तर्हि सोऽपि बहु-दिनानन्तरं चुम्बकीभवति । औदीच्ये च गोलार्द्धे तस्याधः शीर्षमौदीच्यं ध्रुवं याम्यगोलार्द्धे याम्यं च ध्रुवं भविष्यति। किन्तु, रीतिरियं व्यवहारदृष्ट्या किञ्चिन्महत्त्वं न आवहति।

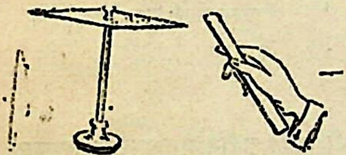
४—चुम्बकस्य साधारणाः गुणाः :—

(१) चुम्बकेन कतिपये पदार्थाः (लौहशुद्धायःखण्डकोबाल्टनिकलमैगनीजप्रभृतयः) स्वाभिमुखम् आकृष्यन्ते । पदार्था इमे चुम्बकीया इत्यभिधीयन्ते ।

(२) स्वातन्त्र्येण लम्बमानः चुम्बकोऽथवा कस्मिंश्चिद् सूक्ष्माग्रे भ्रमन्ती चुम्बकसूचिका याम्योत्तरदिशि स्थैर्यमापद्यते । तस्याश्च शीर्षमेकं सदैवोत्तराभिमुखमपरञ्च दक्षिणाभिमुखं भवतः । शीर्षयोरेतयोरुपरि क्रमशः "उ—द" इति च लिख्येते ।

(३) चुम्बकयोर्द्वयोर्विपरीतध्रुवयोर् अन्योन्याकर्षणं समानयोश्च ध्रुवयोर्प्रतिकर्षणं (Reflection) भवति । चुम्बकस्यैकस्य शीर्षम् चुम्बकसूचिकायाः सकाशे आनीय नियमोऽयं परीक्ष्यते ।

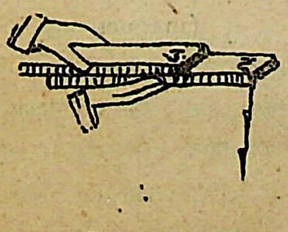
नियमस्यास्य प्रयोगेण रामसीतानामकं क्रीडनकमेकं विनिर्मितम् । चुम्बकस्यैकस्य एकस्मिन् ध्रुवे श्रीरामचन्द्रस्य अपरस्मिन् च ध्रुवे ध्रुवे रावणस्य चित्रं निर्मीयते । चुम्बकस्यान्यस्य रामचन्द्रात् विपरीते ध्रुवे सीतायाः प्रतिकृतिः निर्मीयते तस्य च द्वितीये शीर्षे काष्ठहस्तकं संयुज्यते । यदा सीताप्रतिकृतिः रामाभिमुखी क्रियते तर्हि तयोराकर्षणं भवति किन्तु रावणकः ताभ्यां दूरमपसरति ।



चित्रम् २०.१०

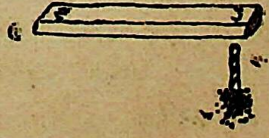
(४) हस्ते चुम्बकदण्डकमेकम् आधृत्य तेनैका लौहकीलिका ग्राह्या । ततश्च तत्कीलिकायाःस्वतन्त्रशीर्षः समीपे चेदन्या कीलिका आनीयते तर्हि सा तत्र प्रसज्यते । इत्यमेव क्रमशः अनेककीलिकाः प्रसज्यन्ते । अस्याः घटनायाः कारणमिद यत् चुम्बकप्रभावेण प्रत्येका कीलिकापि चुम्बकायते । कीलिकायाश्च अधःशीर्षं तादृग्ध्रुवं भवति यादृशेन ध्रुवेण तत् प्रसक्तम् अस्ति इत्थन्तु चुम्बकस्यैकस्य प्रभावेण लौहस्य शुद्धायसो वा शकलनां चुम्बकीकरणं प्रेरणमित्यभिधीयते, शकलानि तानि चुम्बकेन स्पृश्यन्ते न वा (चित्रम् २०.१२) । प्रेरणप्रभावो तावदेव भवति यावच्चुम्बकः निकटे तिष्ठति तस्यापसारणादेव चुम्बकत्वं तिरोहति ।

स्पर्शे प्रेरणम्



चित्रम् २०.११

स्पर्शं विना प्रेरणम्



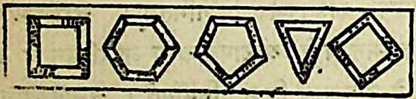
चित्रम् २०.१२

५—चुम्बकत्वस्य अणुसिद्धान्तः

एतत्सिद्धान्तानुसारेण—

(१) न केवलं प्रत्येकस्य चुम्बकस्य अपितु प्रत्येकस्य चुम्बकीयवस्तुनः अणवः पूर्णचुम्बकाः भवन्ति ।

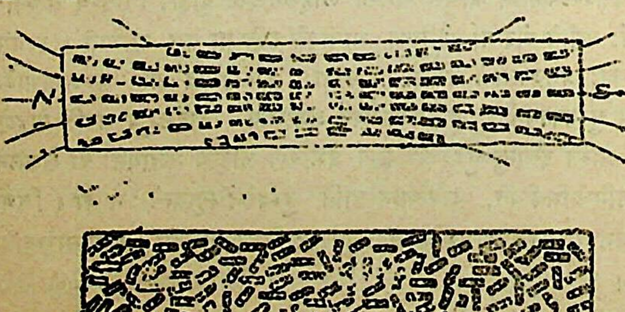
(२) चुम्बकनिर्वर्तनात् पूर्वम् अयम् अणुचुम्बकः स्वकीयैर् अन्यसहयोगिभिः मिलित्वा समुदायं निर्वर्तयन्ति । यतः तेषां चुम्बकीयाक्षाणि विभिन्नासु दिक्षु वर्तन्ते अतो दण्डे चुम्बकत्वं सर्वथैव न प्रतीयते ।



चुम्बकीयः समुदायः

चित्रम् २०.१३

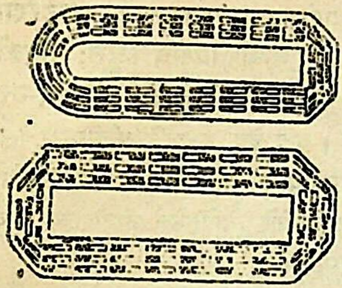
(३) यदा अस्माभिः कश्चिद् चुम्बकदण्डः चुम्बकीक्रियते तर्हीमे अणुचुम्बकाः स्वसमुदायान् भङ्क्त्वा स्वकीयान् अक्षान् एकस्यां विशिष्टदिशि स्थापयन्ति । दण्डस्य सर्वेषाम अणुचुम्बकानाम् औदीच्यं ध्रुवम् एकस्यां दिशि याम्यञ्च ध्रुवं अन्यदिशि वर्तते । दण्डं चुम्बकीर्तुम् एकस्य न्यूनतमबलस्य आवश्यकता भवति । यतः तस्मान्न्यूनस्य बलस्य प्रयोगेण अणुचुम्बकाः स्वनिकटवर्तिनः चुम्बकेभ्यः उन्मुक्ताः भवितुं न शक्नुवन्ति । यदि चेद् चुम्बकीकारकं बलं



चित्रम् २०.१४

(magnetising force) निरन्तरं वर्ध्यते तर्हि भूयोऽधिकाः अणुचुम्बकाः स्वसमुदायान् भङ्क्त्वा एकस्यां दिशि तिष्ठन्ति दण्डश्च अधिकशक्तिशाली चुम्बको भवति । किन्तु, यदा सर्वे अणुचुम्बका एकदिगभिमुखाः भवन्ति तर्हि चुम्बकीकारकबलस्य वर्द्धनादपि चुम्बकप्राबल्ये वृद्धिर् अशक्या भवति ।

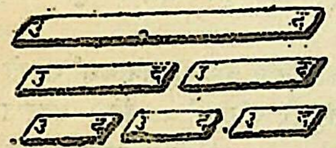
२०.१४ ब इति चित्रेण स्पष्टीभवति यत् शीर्षसकाशे अणुचुम्बकाः स्वकीयात् ऋजु-



चित्रम् २०-१५

स्थित्या: किञ्चिद्पसरन्ति । समानध्रुवाणां पारस्परिकम् अपसरणमेवास्य कारणम् । यदि चेद् चुम्बकदण्डस्यैकस्य शीर्षं स्वतन्त्रं क्रियेत तर्हि अस्मादेव कारणात् किञ्चित्कालानन्तरं तस्य चुम्बकत्वं नश्यति । परन्तु यदि चुम्बदण्डकावुभौ संयुज्य तयो: विपरीध्रुवे एकस्यां दिशि स्थाप्येते तर्हि तयोश्चुम्धकत्वं न नश्यति यतोऽणुचुम्बका: स्वस्थितिभ्यो न विचलन्ति चित्रम् २०-१५ ।

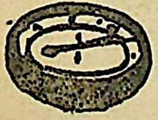
यदि चेद् चुम्बक: भागद्वयेऽधिके वा विभज्यते तर्हि प्रत्येको भाग एक: चुम्बक: भवति (चित्रम् २०-१६) ।



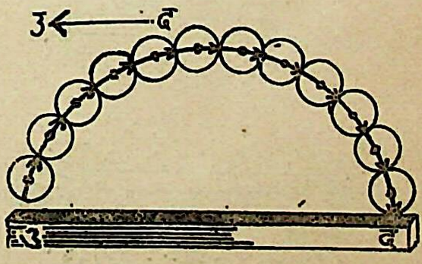
चित्रम् २०-१६

चुम्बकीयं क्षेत्रम—(Magnetic field)

चुम्बकस्य चतुर्दिक्षु यावत्स्थाने तस्य प्रभावो ज्ञातुं शक्यते तत् तच्चुम्बकस्य क्षेत्रमित्यभिधीयते ।



चित्रम् २०-१७ कम्पास: + नीडिल:



चित्रम् २०-१८

बलरेखा (Line of force)

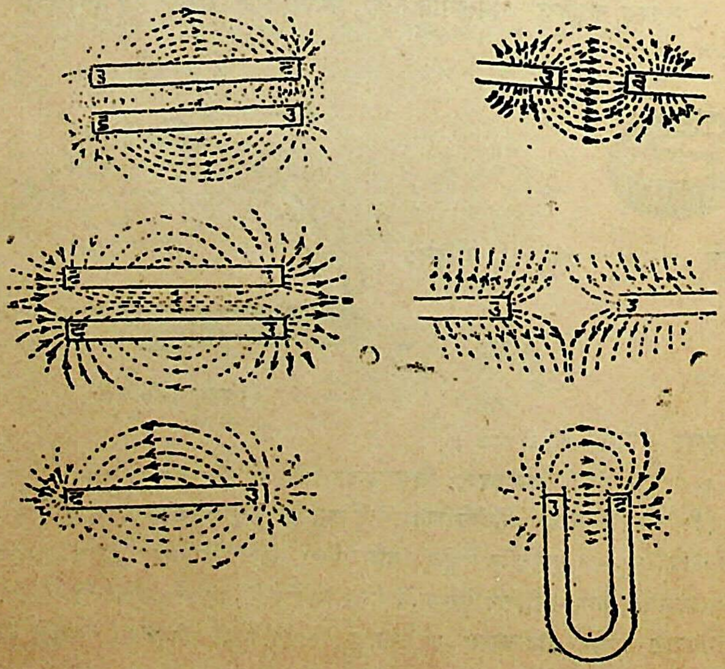
कल्प्यं यत् एक: चुम्बकदण्ड: चित्राङ्कनफलकोपरि संलग्ने कर्गदोपरि निहित: । यदि चेद् एक: कम्पासनीडिल औदीच्यध्रुवसमीपे स्थाप्यते तर्हि तस्यौदीच्यं ध्रुवं चुम्बकदण्डस्य औदीच्याद् ध्रुवाद् दूरदिशि सङ्केतं करिष्यति । औदीच्यध्रुवस्य स्थितिं विन्दुना एकेन निश्चित्य भूय: कम्पासनीडिलं पुरस्कृत्य इत्थं निधातव्यं यत् तस्ययाम्यं ध्रुवं याथार्थ्येन तद्विन्दोरुपरि तिष्ठेत् औदीच्यस्य ध्रुवस्य च स्थिति: भूयो विन्दुनैकेन निश्चेया । तदुपरि सूचिकाया: याम्यं ध्रुवं निधातव्यम् । इत्थं सूचिकां पुर: प्रसारयन् याम्यं ध्रुवं यावत्

गन्तव्यम् सर्वे च बिन्दवः एकेन श्लक्ष्णेन वक्रेण प्रयोज्याः। एतादृशः वक्रः **बलरेखा इत्यभिधीयते। अतएव बलरेखा कस्मिंश्चिद् चुम्बकीयक्षेत्रेऽङ्कितः तद्वक्रो भवति यस्य कस्मिंश्चिद् बिन्दौ आकृष्टा स्पर्शरेखा तद्बिन्दौ परिणामिनः बलस्य (Resultant force) दिग् प्रदर्शयति।** यदि चेद् कथमपि औदीच्यध्रुवस्य पृथक्करणं सम्भवं स्यात् तर्हि तत् चुम्बकक्षेत्रे बलरेखायामेव चलिष्यति। अतोऽस्माभिः कथितुं शक्यते यत् बलरेखा तन्मार्गोऽस्ति यत्र चुम्बकीयक्षेत्रे निहितमेकं पृथगौदीच्यं ध्रुवं चलिष्यति, यदि चेत् तेन चलनार्थं पूर्णं स्वातन्त्र्यं प्राप्यते।

७—बलरेखाणामङ्कनम्

बलरेखाणां दिशः ज्ञानस्य रीतिद्वयं वर्तते—(१) लौहचूर्णेन (२) ध्रुवदर्शकसूचिकया च अर्थात् कम्पासनीडिलेन।

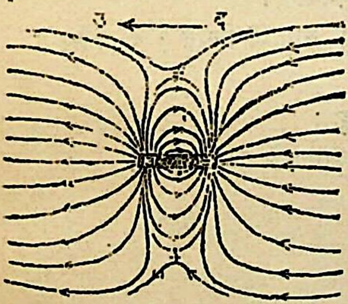
लौहचूर्णेन बलरेखाणां दिग्ज्ञानं केवलमधिकशक्तिशालिनि चुम्बकीयक्षेत्रे कर्त्तुं शक्यते। चुम्बकोपरि शीशकपट्टिकैका पट्टशकलं वा निधाय तदुपरि लौहचूर्णं प्रसार्यते। तदनन्तरं पट्टिका शनैःशनैर् अङ्गुल्या खट्खटायते चेद् तर्हि चूर्णं बलरेखाणां दिशि क्रमबद्धं भवति। विभिन्नप्रकारेण चुम्बकानां निधानात् चूर्णमपि विभिन्नप्रकारेण क्रमबद्धं भवति, यथा चित्रैः स्पष्टीभवति।



चित्रम् २०-१९

कम्पासनीडिलेन वलरेखाणामङ्कनार्थं चित्राङ्कनफलकोपरि कर्गदमेकं प्रसज्य तदुपरि चुम्बकः कस्याश्चिद् विशिष्टायां दिशि (औदीच्यं ध्रुवं भुवः औदीच्यध्रुवाभिमुखं, याम्यध्रुवाभिमुखम् अथवा कस्याश्चिद् अन्यस्थित्याम्) निधीयते तदनन्तरं चुम्बकस्य औदीच्याद् ध्रुवात् वलरेखाणामङ्कनं प्रारभ्यते। यस्यां दिशि कम्पासनीडिलस्य औदीच्यं ध्रुवं चलति सा शरचिह्नैः सूच्यते। इत्थं चुम्बकस्याभितः कर्गदोपरि वलरेखा आकृष्यन्ते। चुम्बकसकाशे चुम्बकीयं वलम् अधिकं भवति भुवश्च चुम्बकीयं वलम् उपेक्षणीयं भवति। अतएव बलरेखाः केवलाद् चुम्बककारणाद् भवन्ति। किन्तु, चुम्बकाद् दूरगमने भुवः चुम्बकीयवलस्य प्राधान्यं भवति वलरेखाश्च तस्यैव दिशम् प्रदर्शयन्ति। एतत्क्षेत्रद्वयमध्ये ईदृग् स्थानद्वयं वर्तते यत्र भुवः चुम्बकस्य च चुम्बकीयक्षेत्रयोः क्षैतिजावयवाः पूर्णतः तुल्याः विपरीताश्च भवन्ति। अतएव तत्स्थाने प्रस्थापनात् कम्पासनीडिलः कस्यामपि स्थित्यां स्थिरायते। स्थानद्वयमेतद् चुम्बकीयक्षेत्रस्य उदासीबिन्दुरित्यभिधीयते।

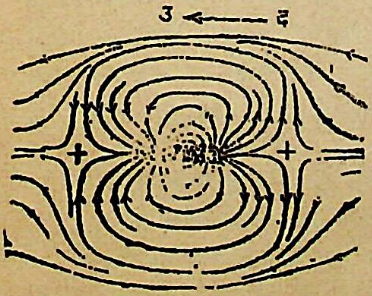
विभिन्नासु परिस्थितिषु चुम्बकानां निधानात् वलरेखाणां यानि चित्राणि प्राप्यन्ते तानि अधोऽङ्कितानि—



(२) यदा चुम्बकदण्डस्य औदीच्यं ध्रुवं भुवः औदीच्यध्रुवाभिमुखं याम्यञ्च ध्रुवं भुवः याम्यध्रुवाभिमुखं स्याताम्—

चित्रम् २०-२०

स्थित्यामस्याम् उदासीनविन्दुवः चुम्बकीयाक्षस्य लम्बरूपेऽर्द्धके उभयतः तुल्यान्तराले तिष्ठन्ति। चित्रम् २०-२०



(२) यदि चुम्बकस्य औदीच्यं ध्रुवं भुवः याम्यध्रुवाभिमुखं स्यात्—

दशायामस्याम् उदासीनविन्दवः चुम्बकस्य ध्रुवाभ्यां तुल्यान्तराले चुम्बकीयाक्षे च तिष्ठन्ति (चित्रम् २०-२१)।

चित्रम् २०-२१

८—बलरेखाणां गुणाः

बलरेखाणां चित्रैर् अस्माभिः तासामिमे गुणाः ज्ञातुं शक्यन्ते यत् :—

(१) ताः सदा औदीच्याद् ध्रुवाद् आरभ्य याम्ये ध्रुवे समाप्ताः भवन्ति ।

(२) ताः कदापि परस्परच्छेदनं न कुर्वन्ति यतः यदि ताभिः छेदनं क्रियते तर्हि अस्यार्थोऽयं स्यात् यत् छेदबिन्दौ परिणामि चुम्बकीयंबलं दिग्द्वये कार्यं करोति यदसम्भवमेव ।

(३) ताः समाकृष्टनमनीयसूत्रवद् भवन्ति यासु पारस्परिकापकर्षणं भवति ।

(४) ताः कस्मिंश्चित्तले आरम्भकाले समाप्तिसमये वा तत्तलस्य लम्बरूपाः भवन्ति ।

(५) ताः पिहितवक्ररूपाः (closed curves) भवन्ति ।

प्रश्नाः

(१) चुम्बकनिर्वर्तनस्य काः रीतयः सन्ति ? कां च सर्वाधिका महत्त्वपूर्णा ? तद्वर्णनीया ।

(२) प्रयोगेण चुम्बकस्य साधारणाः गुणाः निर्देश्याः ।

(३) चुम्बकस्य अणुसिद्धान्तः कः ? कैः प्रेक्षणैः तस्य पुष्टिर्भवति ।

(४) चुम्बकं स्थिरीकरणे किमर्थं रक्षकैः (Keepers) साहाय्यं क्रियते ? किमर्थञ्च ते मृदुलौहमयाः भवन्ति ?

(५) परिभाषा कर्तव्याः चुम्बकीयं क्षेत्रम्, उदासीनः विन्दुः ।

(६) बलरेखाणां चित्राणि कथम् आकृष्यन्ते । एतासां रेखाणां के गुणाः सन्ति ?

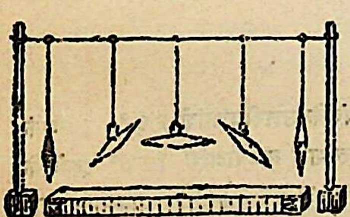
अध्याय : २१

पार्थिवं चुम्बकत्वम्

Terrestrial Magnetism)

१—पृथिव्याः चुम्बकीयं क्षेत्रम्

यदि चेद् 'उ द' इत्येकं चुम्बकदण्डं पुरःपटले निधाय तदुपरि स्वातन्त्र्येण लम्बमाना चुम्बकीयसूचिका ध्रुवादेकस्मात् अन्यध्रुवं यावत् नीयेत तर्हि चुम्बकदण्डस्य औदीच्ये ध्रुवे सूचिकायाः याम्यं ध्रुवं अधोमुखं भविष्यति सूचिका च पूर्णतया ऊर्ध्वाधर स्थितिं प्राप्स्यति। औदीच्याद् ध्रुवाद् अग्रेसरणे कृते सूचिकाया औदीच्यं ध्रुवं ऊर्ध्वाधरस्थित्याः किञ्चिदपसरति किन्तु याम्यं ध्रुवं निम्नाभिमुखमेव स्थास्यति। चुम्बकस्य मध्यस्थितिं प्राप्य सूचिका पूर्णतः क्षैतिजा भविष्यति। भूयोऽग्रगमने औदीच्यं ध्रुवम् अधः प्रति गमनं आरभते अन्ते च याम्यं ध्रुवं प्राप्य सूचिका पुनः पूर्णतः ऊर्ध्वाधरस्थितिं प्राप्स्यति (चित्रम् २१-१)।



चित्रम् २१·१

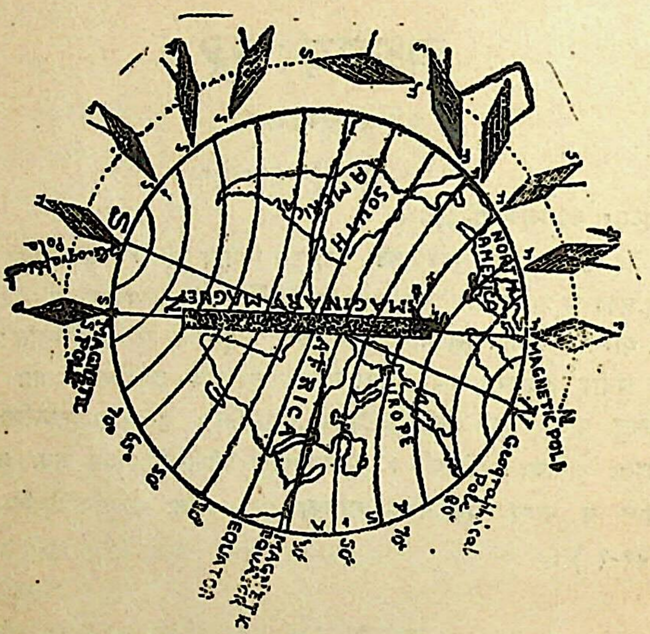


चित्रम् २१.२

इत्थम् एकस्मिन् सूत्रे स्वातन्त्र्येण लम्बमाना आधारे वा संयुक्ता चुम्बकीयसूचिका भुवः विभिन्नेषु भागेषु नीयते चेत् तर्हि कतिषु स्थानेषु सा पूर्णतः ऊर्ध्वाधरा कतिषु च क्षैतिजा भविष्यति अन्यत्र च क्षैतिजत्वेन सह विभिन्न कोणान् निर्वर्त्स्यति (चित्रम् २१-२)। चुम्बकीयसूचिका प्रत्येकस्थाने तस्यामेव दिशि स्थास्यति यस्यां दिशि तत्स्थाने पृथिव्याः परिणामिनी चुम्बकीयतीव्रता (resultant magnetic intensity) कार्यं करोति।

इत्थं लम्बमाना सूचिका क्षैतिजेन सह यत्कोणं निर्वर्तयति तत्कोणः तत्स्थानस्य नमनं (dip) आनतिर्वा (inclination) इत्यभिधीयते। इत्थं प्रलम्बिता आधारे सन्निविष्टा वा चुम्बकीयसूचिका नमनसूचिका (dipneedle) इत्यभिधीयते। भूमध्यरेखासमीपे कोणोऽयं शून्यांशेन स्थानद्वये च ९०° इत्यंशेन तुल्यो भवति। यत्र नमनं ९०° इत्यंशेन

तुल्यं भवति ते ध्रुवः चुम्बकीयध्रुवे इत्यभिधीयेते। ध्रुवमेकं कनाडादेशे भौगोलिकादौदी-



चित्रम् २१·३

च्याद् ध्रुवात् प्रायेण १००० मीलदूरे ७०-७५° इत्यंशके उत्तरीयाक्षांशे ९६° इत्यंशके च पश्चिमीये देशान्तरे अन्यच्च याम्ये गोलार्द्धे ७३° इत्यंशके याम्याक्षांशे १५५° इत्यंशके च पूर्वीये देशान्तरे वर्तते। चुम्बकीयसूचिकायाः औदीच्यं ध्रुवम् औदीच्ये गोलार्द्धे निम्नाभिमुखं भवति याम्यं ध्रुवञ्च याम्ये गोलार्द्धे निम्नाभिमुखं भवति। अतएव स्पष्टीभवति यत् औदीच्यगोलार्द्धस्य चुम्बकीयध्रुवं चुम्बकीयदृष्ट्या याम्यं ध्रुवं याम्यगोलार्द्धस्य च चुम्बकीयं ध्रुवम् औदीच्यं ध्रुवं भवति। प्रयोगेण दृष्टं यत् ध्रुवयोरेतयोरः स्थितिः सदा एकसदृशी न भवति अपितु शनैश्शनैः परिवर्तते। एतेन च सदैव प्रतिदिनमपि तयोः स्थितयः अनेकमीलदीर्घे एकस्मिन् अण्डाकारे मार्गे चलन्ति।

कस्मिंश्चिद् स्थाने भौगोलिकयोर् औदीचयाम्ययोर् ध्रुवयोः संयोजिनी रेखा भौगोलिकाक्षं (Geographical axis) तदक्षतश्च अभिसरद् ऊर्ध्वाधरतलं भौगोलिकं याम्योत्तरं तलं (Geographical meridian) इत्यभिधीयेते। एवमेव चुम्बकीयध्रुवयोस्संयोजिनी रेखा चुम्बकीयाक्षं (magnetic axis) ततश्च अभिसरदूर्ध्वाधरं तलं चुम्बकीयं याम्योत्तरं तलं (magnetic meridian) इत्यभिधीयेते।

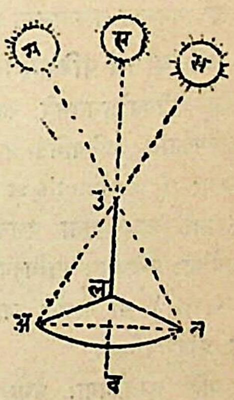
कस्यचित् स्थानस्य भौगोलिकचुम्बकीययोर् याम्योत्तरयोर्मध्यवर्ती कोणः तत्स्थानस्य दिक्पात (declination) इत्यभिधीयते।

या रेखा मानचित्रे शून्यनमनस्थानान् संयोजयति सा चुम्बकीयनिरक्षम् (magnetci) equator)इति नाम्नाभिधीयते । इयं रेखा तु भूमध्यरेखातो भिन्ना भवति ।

२— प्रयोगद्वारा कस्यचिद् स्थानस्य दिग्पातज्ञानम्—

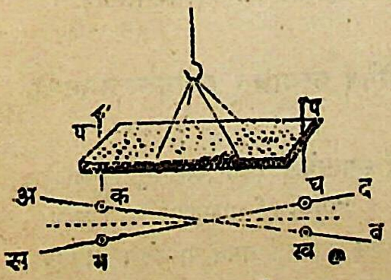
यत: कस्यचिद् स्थानस्य दिग्पात: तत्स्थानस्य भौगोलिकचुम्बकीययोर् याम्योत्तरयोर् मध्यवर्त्तिना कोणेन तुल्यो भवति अतो दिग्पातं ज्ञातुं तत्स्थानस्य याम्ययोरुभयोर् परिज्ञानम् आवश्यकं भवति ।

(अ) कस्यचित् स्थानस्य भौगोलिकं याम्योत्तरं परिज्ञातुम आतपे पुर:पटलमेकं संस्थाप्यम् । पुर:पटलोपरि एककर्गदमध्ये प्रायेण ३० सेण्टीमीटरदीर्घैका "उ ल" इति सूचिका सन्निवेश्या । प्रात:काले प्रायेण दशवादनसमय सूचिकाछाया यावती दीर्घा भवेत् तन्मात्रेणार्द्धव्यासेन सूचिकां केन्द्रीकृत्य सूत्रसाहाय्येन वृत्तमाकर्षणीयम् । कल्प्यं यत् इयं छाया वृत्तं "अ" इति बिन्दौ स्पृशतीति । सम्प्रति यावन्मात्रं मध्याह्न-सामीप्यमेष्यति सूचिकाछाया लघुत्वं प्राप्स्यति मध्याह्नोत्तरं पुन: वृद्धिं गमिष्यति। प्रायेण द्विवादनकाले यर्हि सा छाया भूय: तद्वृत्तस्य परिधिं स्पृशति तदा तत्स्थाने "व" इत्यत्र एकं चिह्नं क्रियताम् । 'अ ल ब' कोणस्य समद्विभागं क्रियमाणा "ल द" इत्येका रेखा आकर्षणीया । इयमेव रेखा भौगोलिकोत्तरदक्षिणां शं प्रदर्शयिष्यति ।



चित्रम् २१.४

(ब) ततश्च तत्स्थानस्य चुम्बकीयं याम्योत्तरं चुम्बकीयाक्षस्य दिश: ज्ञानमावश्यकम्। किन्तु, कस्यचिद् चुम्बकदण्डस्य दिग्दर्शिकासूचिकाया: वा मध्यगतरेखात: तस्य चुम्बकीयमक्षं भिन्नं भवतीति कल्पयितुं शक्यते । अतएव चुम्बकीयमक्षं परिज्ञातुं चुम्बकदण्ड: पुर:पटलोपरि एकस्मिन्नाधारे इत्थं प्रलम्ब्यते यत् लम्बमान: चुम्बक: पुर:पटलत: प्रायेण २ मिलीमीटरोर्ध्वे तिष्ठेत् । चुम्बकस्य शीर्षयोर्मध्ये एव ऊर्ध्वाधर-दिशि '$प_1$' इति '$प_2$' इति च पित्तलकीलिके द्रावकद्रव्येणसंश्लिष्येते ।



चित्रम् २१.५

यर्हि चुम्बक: स्थिरायते तर्हि कीलिकयोरुभयोर् याथार्थ्येणाधोभागे "क" इति "ख" इति

च चिह्नं कृत्वा चिह्नद्वयं "अ ब" इत्येकया सरलरेखया संयुज्यते। भूयः चुम्बकदण्डस्य उपरितलं विपर्यस्य अधः क्रियते ततश्च स्थैर्यं प्रतीक्ष्यते पूर्ववच्च कीलिकयोरुभयोर् याथार्थ्येण अधोभागे 'ग' इति 'घ' इति च चिह्नं कृत्वा चिह्नद्वयस्य संयोजिनी 'स द' इति रेखा आकृष्यते। यदि चेद् चुम्बकीयमक्षं चुम्बकदण्डस्य मध्यगतरेखातो भिन्नं भवेत् तर्हि 'अ ब' इति 'स द' इति च रेखे परस्परेण सह एकं लघुकोणं निर्वर्तयिष्यतः यस्यार्द्धकरेखा तत्स्थानस्य चुम्बकीयाक्षस्य दिशां सूचयिष्यति।

यदा भौगोलिकोत्तरदक्षिणरेखा चुम्बकीयाक्षस्य दिशौ परिज्ञाते तर्हि तन्मध्यवर्तिनः कोणस्य मापनात् तत्स्थानस्य दिग्पातो परिज्ञायते।

३—अनियमितं परिवर्तनम् (Irregular Variation)

चुम्बकीयप्रेक्षणसमये कदाचिदवलोकितं यत् पृथिव्याः उपरिभागे 'अत्यधिकक्षेत्रफले' आकस्मिकानि अनियमितानि च परिवर्तनानि भवन्ति। इमानि परिवर्तनानि चुम्बकीय-प्रभञ्जनाः (magnetic storms) इत्यभिधीयन्ते। चुम्बकीयानां प्रभञ्जनानां कारणन्तु सूर्यस्थानां लाञ्छनाना दर्शनमेव। यर्हि लाञ्छनानि इमानि सर्वाधिक्येन दृश्यन्ते तदैव चुम्बकीयाः प्रभञ्जनाः आधिक्येन प्रादुर्भवन्ति। औदिच्यप्रकाशस्य सुमेरुज्योत्याः (aurora-borealis) वा दर्शने जाते तथा च ज्वालामुखोद्गारे भूचाले वा चुम्बकीयाः प्रभ-ञ्जनाः प्रादुर्भवन्ति।

यर्हि चुम्बकीयाः प्रभञ्जनाः प्रवहन्ति तर्हि चुम्बकीयसूचिका उत्तरदक्षिणदिशि न स्थिरायते अपितु चुम्बकीयस्य याम्योत्तरस्य उभयोःपार्श्वयोः शैघ्र्येण दोलनं प्रारभते। सूचिकायाः ईदृशो गतिः चुम्बकीयान् प्रभञ्जनान् सूचयति।

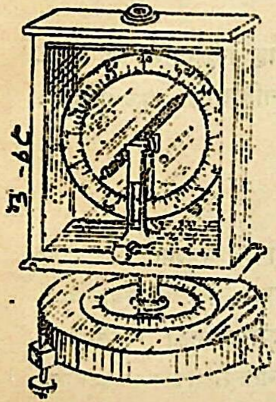
४—समदिग्पातिनी (Isogonic) शून्यदिग्पातिनी (Agonic) च रेखे :—

संसारस्य विभिन्नेषु स्थानेषु चुम्बकीयानि प्रेक्षणानि उपलभ्य मानचित्रे निर्दिश्यन्ते। मानचित्रे समानदिग्पातानां स्थानानां संयोजिन्यः याः रेखा आकृष्यन्ते ताः समदिग्पातिन्यः रेखा शून्यदिग्पातस्थानानाञ्च संयोजिन्यः याः रेखा आकृष्यन्ते ताः शून्यदिग्पातिन्यः रेखा इत्यभिधीयन्ते।

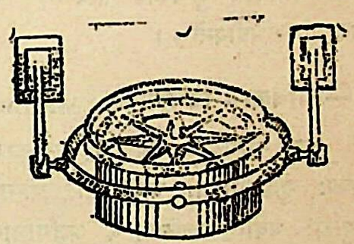
५—नमनमापी (Dip Circle) अस्य प्रयोगेण कस्यचित् स्थानस्य नमनकोणस्य ज्ञानम् :—

यदि काचिद् चुम्बकीयसूचिका तद् गुरुत्वकेन्द्रे स्वातन्त्र्येण एकेन कौशेयसूत्रेण लम्ब्येत तर्हि सूचिकायाः चुम्बकीयाक्षं तदालम्बनबिन्दुतः (Point of suspension) अभिस-रता क्षैतिजेन सह यत्कोणं निर्वर्तयति तेन कस्यचित् स्थानस्य नमनं माप्यते। अतएवेयं सूची नमनसूचिकेत्यभिधीयते। स्थिरावस्थायां चुम्बकीयसूचिकाया अक्षं यस्यां दिशि वर्तते तस्यामेव तत्स्थानीयं चुम्बकीयं बलं कार्यं करोति।

परन्तु, कौशेयसूत्रेण इत्थं प्रलम्बिता सूचिका समधिकशुद्धतया कस्यचित् स्थानस्य नमनं सूचयितुं न पारयति । यदि चेद् सूचिकायै तद्गुरुत्वकेन्द्रतः अभिसरति एकस्मिन् क्षैतिजाक्षे ऊर्ध्वाधरतले परिभ्रमणस्य स्वातन्त्र्यं दीयेत तथा च क्षैतिजाक्षस्य सूचिकायाश्च मध्ये अंशैरङ्कित एको मापकः स्थायिरूपेण निवेश्येत तर्हि नमनकोणः समधिकसारल्येन शुद्धतया च ज्ञातुं शक्यते । उद्देश्येनानेन निर्मितं यन्त्रं नमनमापकम् इत्यभिधीयते ।



चित्रम् २१·६



२१.६ इति चित्रे यन्त्रमिदं प्रदर्शितम् । अस्मिन् एका चुम्बकीयसूचिका स्वगुरुत्वकेन्द्रात् अभिसरति क्षैतिजधुरि अगेटधारासु तिष्ठति सूचिका च ऊर्ध्वाधरतले स्वातन्त्र्येण परिभ्रमितुं शक्नोति । घूर्णनसमये सूचिकाया उभे शीर्षे अंशैरङ्किते एकस्मिन् ऊर्ध्वाधरमापके तिष्ठतः । पिटकस्य परिभ्रमणं ज्ञातुं वृत्ताकारं क्षैतिजमेकं मापकस्याधोभागे आधारे संयुक्तं भवति । अधोभागीयश्च आधारः त्रिषु वलितकोलिकासु तिष्ठति । वलितकीलिकासाहाय्येन आधारस्य तलं क्षैतिजं कर्त्तुं शक्यते ।

प्रयोगद्वारा नमनकोणस्य उपलब्धिः :—

नमनकोणम् उपलब्धुं सर्वप्रथमं यन्त्रस्य आधारः स्पिरिटतलेन क्षैतिजः क्रियते । ततश्च शीशकपिटकं तावन्मात्रं भ्राम्यते यत् चुम्बकीयसूचिका पूर्णतया ऊर्ध्वाधरा भवेत् । अर्थात् तस्योभेशीर्षे ऊर्ध्वाधरमापकस्य ९०° इत्यंशीये चिह्ने भवेताम् । दशायामस्यां सूचिकोपरि भुवः चुम्बकीयक्षेत्रस्य केवलम् ऊर्ध्वाधरावयवः कार्यं करोति । (यदि चेद् क्षैतिजोऽवयवः कार्यं कुर्यात् तर्हि सूचिका किञ्चित्क्षैतिजदिश्यपि अवनता स्यात् । अतएवं सूचिका चुम्बकीयस्य याम्योत्तरस्य लम्बरूपा भवेत् । दशायामस्याम् आधारस्य क्षैतिजमापके सङ्केतकस्य स्थितिः दृश्यते उत्थिताधारश्च ९०° इत्यंशके भ्राम्यते येन सूचिकायाः तलं चुम्बकीये याम्योत्तरे आगच्छति सूचिका च चुम्बकीयबलस्य दिशि सङ्केतं करोति । अस्मिन् समये चुम्बकीयसूचिका क्षैतिजेन सह यत्कोणं निर्वर्तयति स ऊर्ध्वाधरमापके पठ्यते तर्हि नमनकोणो ज्ञायते ।

६—समनमन्यः रेखाः (Isoclinic Lines)

पृथिव्याः विभिन्नस्थानेषु नमनकोणं परिमाप्य संसारस्य मानचित्रे समाननमनकोण-स्थानानि रेखाभिः संयुक्तानि । इमे रेखाः समनमन्यः रेखा इत्यभिधीयन्ते । या रेखा शून्य-नमनस्य स्थानानां संयोजनं कुर्वन्ती समाकृष्टास्ति सा चुम्बकीयं निरक्षं (Magnetic eauator) शून्यनमनी रेखा वा (aclinic line) इत्यभिधीयते !

७—चुम्बकीयं मानचित्रम् (Magnetic Maps)

संसारस्य मानचित्रे समनमन्यः समदिग्पातिन्यश्च रेखाः आकृष्यन्ते याभिः वयं कस्य-चिदपि स्थानस्य चुम्बकीयं तत्वं ज्ञातुं शक्नुमः । इमानि मानचित्राणि चुम्बकीयमान-चित्राणीत्यभिधीयन्ते ।।

८—नाविकस्य दिग्सूचकः (Mariners Compass)

अस्य नाम्नैव प्रतीयते यत् उपकरणमिदं नाविकैः दिग्ज्ञानार्थं प्रयुज्यते । अस्मिन् तन्व्यः शुद्धायोमयाः चुम्बकिताः अष्टसूचिकाः अन्योन्यसमान्तराः पट्टडायलस्याधोभागे संयुक्ताः भवन्ति एकस्मिन् च अर्द्धगोलाकारे चपके संयुक्ते ऊर्ध्वाधरशङ्कौ स्वातन्त्र्येण भ्रमितुं शक्नुवन्ति । डायलस्य सूचिकायाश्च भारः प्रायेण ११ ग्रामतुल्यो भवति । पट्टडाय-लस्य परिधिः अंशेषु ३२ समभागेषु विभक्तो भवति यथा चित्रे प्रदर्शितम् । ३२ समभागेषु विभाजनकारिणः बिन्दवः दिग्सूचकस्य बिन्दवः (Points of the Compass needle) इत्यभिधीयन्ते ।

समुद्रतले यानं सततं कम्पते अतएव सूचिकाः सदा क्षैतिजाः कर्त्तुम् अर्द्धगोलाकारः चषकः याथार्थेण अभिमुखीनयोः द्वयो विन्दौ एकस्मिन् बाह्यकुण्डले लम्ब्यते । चषकः एत-द्विन्द्वोरुपरि कुण्डलाभ्यन्तरे स्वातन्त्रेण भ्रमितुं शक्नोति । भूयश्च कुण्डलम् अभिमुखविन्दु-द्वयोपरि एकस्मिन् संग्राहके दृढोक्रियते । संग्राहकस्य विन्दू इमौ चषकविन्दुर्भ्यां सह समकोणं निर्वर्तयतः अतएव चषकस्य घूर्णाक्षं कुण्डलस्य घूर्णाक्षस्य लम्बरूपं भवति । ईदृशः प्रबन्धः (Gimbal's arrangement) इत्यभिधीयते । प्रबन्धेणानेन दिग्सूचिकायाः सूचिकोपरि यानकपम्पनस्य कोऽपि प्रभावो न भवति ।

प्रश्नाः

१—कथं साधनीयं यत् भूमिरेकः महाचुम्बकोऽस्ति ?

२—कस्यापि स्थानस्य चुम्बकीयदिग्पातस्य नमनस्य च कोऽभिप्रायः ? प्रयोगद्वारा प्रत्येक-स्योपलब्धिः कथं क्रियते ।

३—किमस्ति नमनवृत्तम् ? तेन कस्यचिद्स्थानस्य नमनकोणः कथं ज्ञायते ?

४—कस्यचिद् स्थानस्य याम्योत्तरं कथं ज्ञायते ?

५—परिभाषा कर्तव्या :—

दिग्पातिन्यः रेखाः, समनमन्यः रेखाः, चुम्बकीयं निरक्षं चुम्बकीयञ्च मानचित्रम् ।

६—भुवः चुम्बकत्वं चुम्बकदण्डस्य चुम्बकत्वात् केषु केषु विषयषु भिन्नमस्ति ?

७—नाविकस्य दिग्सूचकस्य वर्णनं क्रियताम् गिम्बल्सीयप्रवन्धस्य च वैशिष्ट्यं निर्दिश्यताम् ।

विद्युत्

अध्याय : २२

घर्षणविद्युत् प्रेरणञ्च

१—घर्षणेन विद्युदुत्पादनम्—

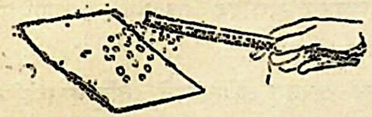
ख्रीष्टाब्दात् प्रायेण ६०० वर्षपूर्वे प्राचीनयूनानदेशीयानां सप्तबुद्धिमतां परिगणितेन थैल्सनामकेनैकेन युनानदेशीयपुरुषेण परिलक्षितं यत् अम्बरनामकः (amber) पदार्थः यदा ऊर्णया संघृष्यते तर्हि तस्मिन् लघुकर्गदशकलानां, तृणानां कार्कशकलादीनां वा क्षुद्रवस्तूनाम् आकर्षणशीलो गुणः प्रादुर्भवति । यूनानीभाषायां अम्बरपदार्थः इलेक्ट्रान (electron) इति नाम्नाभिधीयते । अनेनैव आँग्लभाषीयः इलेक्ट्रिसिटी (electricity) इति शब्दो व्युत्पन्नः यस्यार्थो विद्युद् इति भवति । इत्थं यर्हि किञ्चिद् वस्तु क्षुद्रवस्तूनाम् आकर्षण-शालिगुणं प्राप्नोति तर्हि तद्वस्तु विद्युन्मयमित्यभिधीयते । यया च शक्त्या वस्तुषु गुणोऽयं सञ्जायते सा विद्युदिति नाम्नाभिधीयते । थैल्सानन्तरं प्रायेण सहस्राब्दद्वयं यावत् अस्या दिशि कोऽपि कार्यः न कृतः । सप्तदशे शताब्दे डाक्टरगिल्बर्टेन एलिजावेथमहाराज्ञ्याः चिकित्सकेन प्रयोगात्मकभौतिकविज्ञेन परिज्ञातं यत् गन्धकलाक्षाशीशकादीनि वस्तून्यने-कानि घर्षणेन अम्बरवत् विद्युन्मयानि कर्त्तुं शक्यन्ते । अनेकैरनुभूतं यत् शृङ्गमय्या कङ्क-तिकया यदा शुष्ककेशाः विन्यस्यन्ते तर्हि केशा ऊर्ध्वोन्मुखाः भवन्ति तेषु च चटचटेति ध्वनिरपि सञ्जायते । केशैः सङ्घर्षणेन विहगानां पक्षे निर्झरलेखिन्याञ्च विद्युज्जायते । वस्तु-तस्तु प्रत्येकं वस्तु सचोमीनरीत्या सङ्घर्षणात् विद्युन्मयं कर्त्तुं शक्यते ।

२—विद्युन्मयानां वस्तूनां गुणाः

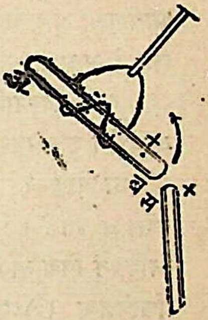
यदि चेद् एकः शुष्कसीसकदण्डकः शुष्केण कौशेयवस्त्रेण संघृष्य लघुकर्गदखण्डानां समीपं आनीयते तर्हि कर्गदशकलानि त्वरितमेव दण्डे संश्लिष्यन्ते ततश्च ततो वियुज्यन्ते । विद्युन्मयोऽयं शीसकदण्डको यदि लाक्षाया आवनूसस्य वा लम्बमानस्यै-कस्य दण्डकस्य समीप आनीयते तर्हि प्रत्येकदशायामपि विद्युन्मयो दण्डकः अनाविष्टान् दण्डकान् आकर्षयिष्यति ॥ प्रयोगाणामेषां निष्कर्षोऽयं यत् प्रत्येकं विद्युन्मयं वस्तु प्रत्येक-मनाविष्टं वस्तु समाकर्षति ।

यदि चेद एकः शीसकदण्डकः कौशेयवस्त्रेण संघृष्य सूत्रद्वारा ग्राहिण्यां (रकाब इति भाषायाम्)प्रलम्ब्यते द्वितीयश्च सीसकदण्डकः तथैव कौशेयेन वस्त्रेण संघृष्य यदि तत्सकाशे

आनीयते तर्हि ग्राहिण्यां लम्बितः दण्डकः दूरे अपसरिष्यति । यदि चेदुभौ दण्डकौ पृथग्ग्राहिण्योः प्रलम्ब्येते तर्हि उभौ अन्योन्यतो दूरम् अपसरिष्यतः । ईदृशैरन्यैश्चापि प्रयोगैः



चित्रम् २२.१



चित्रम् २२.२

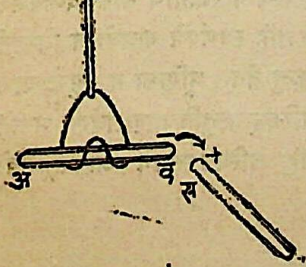
प्रमाणीकर्तुं शक्यत यद् समानावेशशालीनि वस्तूनि अन्योन्यम् अपसारयन्ति । यद्येकः एवोनाइटदण्डः मार्जारचर्मणा संघृष्य कस्मिंश्चिद् आधारे लम्ब्यते सीसकदण्डश्च कौशेयवस्त्रेण संघृष्य तत्सकाशे नीयते तर्हि उभावन्योन्यम् आकर्षयिष्यतः । यतो विद्युन्मयावुभौ सीसकदण्डकौ अन्योन्यम् अपसारयतः किन्तु, विद्युन्मयो सीसकदण्डकः एवोनाइटदण्डकमाकर्षति अतो सिध्यति यत् विद्युन्मयस्य सीसकदण्डकस्य आवेशो विद्युन्मयस्यैवोनाइटदण्डकस्य आवेशाद् भिन्नो भवति ।

कल्पितं यत् कौशेयवस्त्रखण्डेन संघृष्टे सीसकदण्डे आविष्टा विद्युद् धनविद्युद् भवति मार्जारत्वचा च संघृष्टे एवोनाइटदण्डके जनिता विद्युत् ऋणविद्युद् भवति ।

अत उपर्युक्तैः प्रयोगैः सिध्यति यत् विपरीतावेशशालीनि वस्तूनि अन्योन्याकर्षणं कुर्वन्ति ।

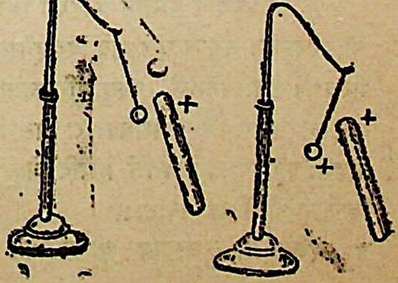
३—विद्युद्दर्शी (Eletroscope)—

यन्त्राणां येषां साहाय्येन ज्ञातुं शक्यते यत् कस्मिंश्चिद् वस्तुनि विद्युदावेशो वर्तते न वा इति तानि यन्त्राणि विद्युद्दर्शीनि इत्यभिधीयन्ते। सामान्यत इमानि यन्त्राणि द्विप्रकारकाणि भवन्ति— (१) शरवणगुटिकायाः (सरकण्डे की गोली इति भाषायां) विद्युद्दर्शी (Pith ball electroscope) (२) स्वर्णपत्रविद्यु द्दर्शी (gold leaf electroscope)



←२२.३

२२.४→



१—शरवणगुटिकाविद्युद्दर्शी:—

विद्युद्दर्शिन्यस्मिन् एकशरवणगुटिकोपरि कस्यचिद् धातोरतिसूक्ष्मावरणं समारोप्य

कौशेयसूत्रेण सा गुटिका सीसकशङ्कौ प्रलम्ब्यते यहि किञ्चिद् विद्युन्मयं वस्तु तत्सकाशे नीयते तर्हि गुटिका तत्स्पर्शाय क्षिप्रं अग्रेसरति (चित्रम् अ) यतो गुटिकायां कस्यचिदपि आवेशस्य अभावो भवति। किन्तु विद्युन्मयस्य दण्डकस्य स्पर्शादेव तस्यामपि तादृशावेशो जायते अतः सा तद्वस्तुनः दूरे गन्तुं यतते (चित्रम् व)

यदि चेदस्माभिः कस्यचिद्वस्तुनः विद्युन्मयत्वं ज्ञातुम् अभिलष्यते तर्हि केनाप्येकेन आवेशेन शरवणगुटिकां विद्युन्मयीं कृत्वा परीक्षणीयं वस्तु तत्सकाशे आनीयते। यदि चेद् गुटिका आकृष्यते तर्हि तद्वस्तु विपरीतावेशेन विद्युन्मयं क्रियते अन्यथा तत्र कोप्यावेशो न वर्तते। किन्तु यदि गुटिका प्रतिकृष्यते तर्हि निश्चयेन वक्तुं पार्यते यत् तद्वस्तु निश्चितं विद्युन्मयं तत्र च तादृशैवावेशो यादृशः शरवणगुटिकायां वर्तते। अतएव आकर्षणापेक्षया (Attraction) प्रतिकर्षणं (repulsion) वस्तुनः विद्युन्मयत्वस्य समधिकं निश्चितं प्रमाणमस्ति॥

२—स्वर्णपत्र विद्युद्दर्शी



चित्रम् २२.५

उपकरणमिदं शरवणगुटिकातोऽधिकोपयोगि। अस्मिन् सीसकमयमेकं घण्टापात्रं (bell jar) प्रयुज्यते। अस्य मुखोपरि लाक्षायाः, गन्धकस्य एबोनाइटस्य वा अवरोधको निवेश्यते। अवरोधकत एकः पित्तलदण्डकः अधः गच्छति यस्योर्द्ध्वशीर्षे घूर्णिकैका अधःशीर्षे च अतितनुस्वर्णपत्रे संयुक्ते भवतः।

यर्हि कस्यचिद् वस्तुनः विद्युन्मयत्वं परीक्ष्यं स्यात् तर्हि तद्वस्तु पित्तलघूर्णिकायाः सकाशे नीयते। यदि विद्युद्दर्शिनः पत्रे विस्तृते भवतः तर्हि तद्वस्तुनि विद्युदावेशो भवति तस्मिन्। किन्तु, यदि स्वर्णपत्रे विस्तृते न भवतः तर्हि तत्र विद्युदावेशस्य अभावो भवति।

कस्मिंश्चिदपि वस्तुनि कीदृशो विद्युदावेशो वर्तते इत्यस्य परिज्ञानार्थं सीसकदण्डकमेकं कौशेयवस्त्रेण संघृष्य तेन यदि विद्युद्दर्शिनः घूर्णिका स्पृश्यते तर्हि स्वर्णपत्रे घनावेशेन विस्तृते भवतः। ततः परीक्ष्यं वस्तु घूर्णिकासकाशे आनीयते किन्तु तेन घूर्णिका न स्पृष्टव्या। यदि चेद् स्वर्णपत्रे ततोऽधिकतरा विस्तृतिं प्राप्नुतः तर्हि तस्मिन् वस्तुनि तादृशावेशो भवति यादृशः स्वर्णपत्रद्वये वर्तते। यदि चेद् पत्रे सङ्कुचतः तर्हि तस्मिन्वस्तुनि आवेशाभावो विपरीतावेशो वा भवति।

४—विद्युतः सुचालकः कुचालको वा

(Conductors on Insulators)

यदि चेद् एबोनाइटस्यैको दण्डकः मार्जारत्वचा संघृष्य विद्युद्दर्शिनस्समीपे आनीयते

तर्हि तस्य पत्रे प्रसरतः। अतो ज्ञायते यत् दण्डकस्य यच्छीर्षं मार्जारत्वचा संघृष्टं तत् विद्युन्मयं जातम्। एवमेनाऽऽप्यवदेव सोसकलाक्षागन्धकादीनामपि दण्डकाः विद्युन्मयाः क्रियन्ते। किन्तु यदि चेद् पित्तलस्य, ताम्रस्य अथवा कस्यचिदन्यस्य धातोर्दण्डकः मार्जारत्वचा संघृष्य विद्युद्दर्शिनः समीपे आनीयते तर्हि तस्य पत्रयोः प्रसारं न भवति। ततश्च धातु-दण्डके शीसकहस्तकं संयोज्यम् तदनन्तरं दण्डको शुष्कीकृत्य शुष्ककौशेयवस्त्रेण संघृष्यते। ततो यदि सीसकहस्तकं करेण प्रगृह्य दण्डकः विद्युद्दर्शिनः समीपे आनीयते तर्हि पत्रे प्रसरतः। अतो सिध्यति यत् दण्डको विद्युन्मयः सञ्जातः।

अनेन परिणामोऽयम् अधिगम्यते यत् यर्हि सीसकहस्तकशून्यः धातुदण्डकः करेण प्रगृह्य कौशेयवस्त्रेण संघृष्यते तर्हि तस्मिन् विद्युज्जननं भवत्येव किन्तु, अस्मच्छरीरतः विद्युत् पृथिव्यां संक्रामति। अस्तु, दण्डक आवेशशून्यो प्रतीयते। येभ्यो वस्तुभ्यः विद्युतः सङ्क्रमणं भवति तानि सर्वाणि विद्युतः सुचालकानि (Good conductor) इत्यभिधीयन्ते। येभ्यस्तु विद्युत्संक्रमणं न भवति तानि वस्तूनि विद्युतः कुचालकानि विद्युद्विरोधीनि वा (Bad conductor or Insulator) इत्यभिधीयन्ते हिरण्यरजतताम्रादिधातवः विद्युतः सुचालकाः। साम्प्रतिकसिद्धान्तानुसारेण तानि वस्तुजातानि विद्युत्सुचालकानि भवन्ति यतो विद्युत्कणाः (electron) पूर्णस्वातन्त्र्येण एकस्मात् स्थानाद् अन्यत्र गन्तुं समर्थाः भवन्ति। कुचालकानि च तानि वस्तूनि भवन्ति येषु विद्युत्कणाः (electrons) स्वातन्त्र्येण गन्तुं समर्थाः न भवन्ति।

५—विभिन्नपदार्थैः संघर्षणाद् एकस्मादेव पदार्थात् विभिन्नप्रकारीया विद्युद् उत्पद्यते :—

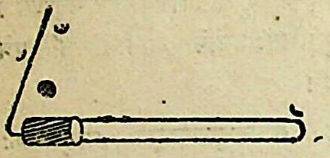
मार्जारत्वचा संघर्षणाद् लाक्षादण्डे ऋणविद्युज्जायते गन्धकेण च संघर्षणात् तस्मिन् धनविद्युदुत्पद्यते। अधोऽङ्किततालिकान्तर्गतानि वस्तूनि इत्थं लिखितानि यत् प्रत्येकं वस्तु यर्हि अधोऽङ्कितेन वस्तुना संघृष्यते तर्हि तस्मिन् धनविद्युज्जायते यर्हि च ऊर्ध्वाङ्कितेन वस्तुना संघृष्यते तर्हि तस्मिन् ऋणविद्युदुत्पद्यते।

१. मार्जारत्वक्	२. फलालैननामकं वस्त्रम्	३. हस्तिदन्तः
४. शीसकम्	५. तूलम्	६. कौशेयवस्त्रम्
७. काष्ठम्	८. धातवः	९. भारतीयरवरम्
१०. लाक्षा	११. रेजिननामकः पदार्थः	१२. गन्धकः
१३. गटापार्चापदार्थः	१४. गनकाटननामकः पदार्थः	

६—वस्तुद्वयस्य परस्परसंघर्षणेन तयोर्मध्ये विपरीतविद्युत् सममात्रायां जायते-

यर्हि सीसकदण्डः कौशेयवस्त्रेण संघृष्यते तदा विद्युत्कणाः (electrons) सीसक-

दण्डात् वस्त्रे सङ्क्रामन्ति यतः सीशके धनावेशः वस्त्रे च ऋणावेशो जायते । सीशकदण्डकमेकम् आदाय तस्मिन् एकः शिथिलः शीर्षच्छादकः निवेश्यते आच्छादके च एकं दीर्घं कौशेयसूत्रं संयोज्यते येन आच्छादकः उपरि उत्थापयितुं शक्यते । आच्छादकाभ्यन्तरे दण्डकः किञ्चित् कालं यावत् भ्राम्यते ततश्च कौशेयसूत्रस्य साहाय्येन आच्छादकः दण्डात् पृथक् क्रियते केवलश्च आच्छादकः यदि विद्युद्दर्शिनः सविधे नीयते तर्हि पत्रके प्रसरतः । ततश्च यदि केवलो दण्डकः विद्युद्दर्शिनः सकाशे नीयते तदापि पत्रके तावन्मात्रमेव प्रसरतः । यदि चेद् आच्छादको दण्डकश्चोभौ सहितावेव विद्युद्दर्शिनः समीपे नीयेते तर्हि पत्रके सर्वथैव न प्रसरतः ।

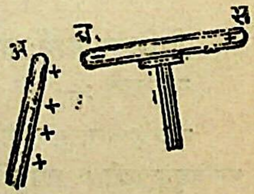


चित्रम् २२-६

अतो सिध्यति यत् संघर्षणेन वस्तुनोरुभयोः विपरीतप्रकारीया विद्युत् सममात्रायां जायते ।

७—प्रेरणम् (Induction)

यदि चेद् कस्यचिद् चालकपदार्थमयस्य विद्युद्रोधिनः (insulated) वस्तुनः सकाशे किञ्चिद्धनविद्युदाविष्टं वस्तु आनीयते तर्हि तद् चालकवस्तुनः स्वतन्त्रविद्युत्कणान् क्षिप्रमेव स्वं प्रति आकर्षति । फलत आविष्टवस्तुनः समीपस्थः चालकस्य भागः ऋणविद्युन्मयो भवति । विप्रकृष्टश्च भागः धनविद्युन्मयो भवति । यथा लौहसमीपे चुम्बकीयध्रुवस्य आनयनात् लौहस्य शीर्षमेकम् औदीच्यं ध्रुवं द्वितीयञ्च याम्यं ध्रुवं भवति तद्वदेव अत्रापि चालकस्य शीर्षद्वये विद्युतः प्रकारद्वयम् उत्पद्यते । अतएव इयमपि क्रिया प्रेरणमित्यभिधीयते । आविष्टदण्डकस्य अपसरणादेव विद्युत्कणाः (electrons) सम्पूर्णे चालके प्रसरन्ति प्रेरिता विद्युच्च तिरोहति ।



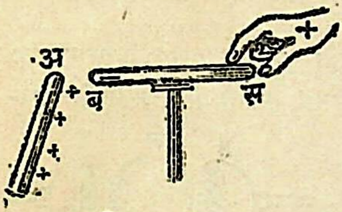
चित्रम् २२-७

प्रेरणनियमस्यावबोधात् सम्प्रति अस्माभिराविष्टवस्तुद्वारा अनाविष्टवस्तूनाम् आकर्षणकारणं सम्यक्तया अवबोद्धुं शक्यते । यर्हि आविष्टं वस्तु अनाविष्टवस्तुनः समीपे आनीयते तर्हि अनाविष्टवस्तुनः निकटतमे भागे प्रेरणात् विपरीत प्रकारीया विद्युत् जायते । विपरीतप्रकारीयविद्युति च आकर्षणं भवति । अतएव वस्तुद्वारा अनाविष्ट वस्तु आकृष्यते । प्रत्येकदशायाम् आकर्षणात्पूर्वं प्रेरणं भवति ।

८—प्रेरणेन चालनेन च विद्युन्मयकरणस्य रीतिः—

यदि कश्चिद् "अ" इति विद्युन्मयः दण्डकः विद्युद्रोधिनः चालकस्य समीपे आनीयते

तर्हि चालकस्य निकटतमे भागे विपरीतप्रकारकोऽर्थात् ऋणावेशो विप्रकृष्टे च भागे तत्प्रकारक एव अर्थात् धनावेशो एकत्रीभवति। प्रेरणस्य अवस्थायामस्यां यदि चालकः अंगुल्या स्पृश्यतेऽथवा पृथिव्याः सह तत्सम्बन्धो क्रियते तर्हि विप्रकृष्टभागीयोधनावेशःपृथिव्यां सङ्क्रामति। परन्तु, निकटतमभागीयः ऋणावेशः विद्युन्मयदण्डकस्य विपरीतावेशकारणात् आकृष्यमाणो भवति कुत्रापि



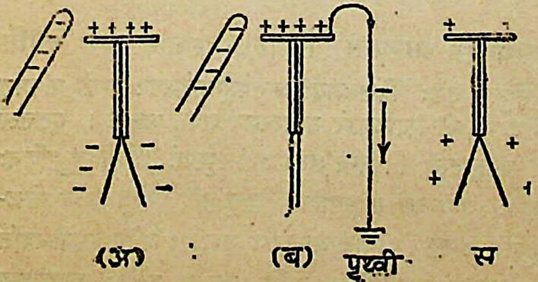
चित्रम् २२-८

अपसरणेचाऽसमर्थो भवति। प्रेरणकारणात् पृथिव्यां गन्तुं स्वाधीनावेशो स्वतंत्रतावेश (free charge) इत्यभिधीयते विद्युन्मयदण्डकस्य च कारणाद् अवरुद्धावेशः सम्बद्धावेश (bound charge) इत्यभिधीयते। यदि इदानीं अङ्गुलिः चालकोपरितः अपसार्येत तर्हि ऋणावेशः चालकस्य पूर्णे तले प्रसरिष्यति ततश्च स ऋणविद्युन्मयो भविष्यति। अतएव प्रेरणद्वारा विपरीतप्रकारीया विद्युद् उत्पाद्यते। किन्तु, यदि विद्युन्मयः दण्डकः स्पृश्यते तर्हि दण्डकस्य स्वल्पाविद्युत् चालके गमिष्यति चालकश्च तत्प्रकारीयविद्युन्मयो भविष्यति। स्पर्शद्वारा इत्थं विद्युन्मयीकरणरीतिः विद्युच्चालने (conduction) निर्भ-जायते। अतएव चालनद्वारा तत्प्रकारीयैव विद्युदुत्पाद्यते। प्रेरणद्वारा विद्युन्मयकरणे दण्डकस्य विद्युति किञ्चिदपि न्यूनत्वं न भवति, परन्तु चालनद्वारा विद्युन्मयकरणेन दण्ड-कस्य यावती विद्युत् चालकोपरि आगच्छति तावत्येव दण्डके ह्रसति।

१०—स्वर्णपत्रविद्युद्दर्शिनः प्रेरणाद् आवेशनम्

यदि चेद् फलालेनेनामकेन वस्त्रेण संघृष्य लाक्षादण्डको विद्युद्दर्शिनः पट्टिकासमीपे आनीयेत तर्हि लाक्षादण्डकस्य ऋणावेशः पट्टिकायाः स्वतन्त्रान् इलेक्ट्रोनान् प्रतिकर्षिष्यति येन स्वर्णपत्रे ऋणविद्युता आविष्टे भूत्वा प्रसरिष्यतः पट्टिका च धनविद्युता आविष्टा भविष्यति (चत्रम् अ)। ततो यदि पृथिव्या सह पट्टिकासम्बन्धः क्रियते तर्हि स्वतन्त्रा इले-क्ट्रोनाः विद्रुत्य पृथिव्यां गमिष्यन्ति स्वर्णपत्रे च मिलिष्यतः (चित्रम् ब)। ततो यदि पृथिव्याः पट्टिकासम्बन्धं पृथक्कृत्य आविष्टदण्डकः अपसार्येत तर्हि स्वर्णपत्रयोः धनविद्युत् प्रसरेत् समानविद्युता आविष्टत्वात् च ते दूरं गमिष्यतः। इत्थं स्वर्णपत्रविद्युद्दर्शी प्रेरणद्वारा आविष्टो भविष्यति (चित्रम् स)।

प्रेरणप्रयोजनसमये अवधातव्यं यत् पृथिव्याः पटिकासम्बन्धस्य विच्छेदानन्तरम् आविष्टदण्डकः ततः दूरीक्रियते। यदि चेद् दण्डकः प्रथममेव अप-सार्येत तर्हि इलेक्ट्रानाः भूयः स्वतन्त्राः न भविष्यन्ति पट्टिका च अनाविष्टा भविष्यति।

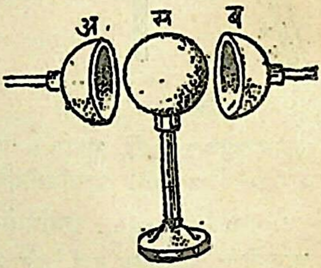


(चित्रम् २२.९)

१०—कस्मिंश्चिद् विद्युन्मयचालके आवेशः केवलमूर्द्धवर्तिनि तले तिष्ठति—

(अ) बायोटस्य (Biots) प्रयोगः :—

बायोटमहोदयेन शीशकाधारे (Stand) 'स' इति एकः अन्तःशून्यः पित्तलगोलकः संयोजितः। शीशकहस्तके च संयुक्तौ द्वावीदृशौ अर्द्धगोलकौ गृहीतौ यौ गोलकोपरि सम्यक्तया संस्थाप्यौ आस्ताम्। प्रथमं 'स' इति गोलकः विद्युन्मयः कृतः। परीक्षातलेन् स्वर्णपत्रविद्युद्दर्शिना च तस्य परीक्षा कृता। तत अर्द्धगोलकाभ्यां तद्गोलकं पूर्णतया आच्छाद्य तौ भूयोऽपसारितौ। परीक्षणात् ज्ञातं यत् गोलके सर्वथैव विद्युदावेशो नासीत् सम्पूर्णश्च आवेशः अर्द्धगोलकयोरुपरि तले संक्रान्तः।

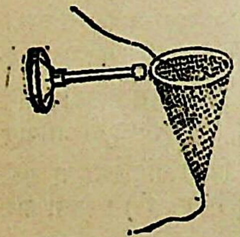


चित्रम् २२.१०

प्रयोगेणानेन सिद्धं यत् विद्युदावेशः सर्वदा उपरिवर्तिनि तले तिष्ठति।

(ब) फैरैडेमहोदयस्य जालप्रयोगः(Fearaday's Butterfly net Experiment)

विद्युत् सर्वदा उपरितले तिष्ठतीति साधयितुं फैरैडेमहोदयेनायं प्रयोगः कृतः। तेनैका शङ्क्वाकारा सूत्रमयी जालिका गृहीता यस्या मुखप्रदेशे पित्तलनिर्मितमेकं परिवृत्तिका संयुक्ता आसीत् तथाच सा एकस्मिन् कुचालकस्य आधारे संयुक्तासीत्। कौशेयसूत्रेणैकेन तज्जालस्य अधस्तलं परिवर्त्य उपरि कर्तुं शक्यमासीत्। प्रथमं ऋणविद्युता धनविद्युता वा जालिकाम् आवेष्ट्य परिक्षातलेन (Proof Plane) तस्यावेशस्य परीक्षा क्रियते तर्हि ज्ञायते यत् आवेशो जालस्य उपरितले प्रतीयते नतु अधस्तले। इदानीं कौशेयसूत्रम् आकृष्य जालस्य अधस्तलं उपरि उपरितलञ्चाधः क्रियेते। परीक्षातलद्वारा जालस्य उर्द्ध्वर्तिन अधोवर्तिनश्च तलयोः विद्युत आवेशस्य परीक्षा क्रियते तर्हि आवेश उपरितले एव प्रतीयते नतु अधस्तले। अनेन स्पष्टीभवति यत् विद्युत् सदा उपरितले वर्तते।



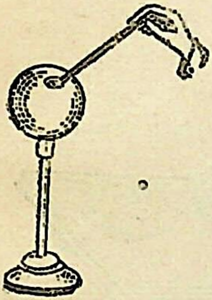
(२२.११)

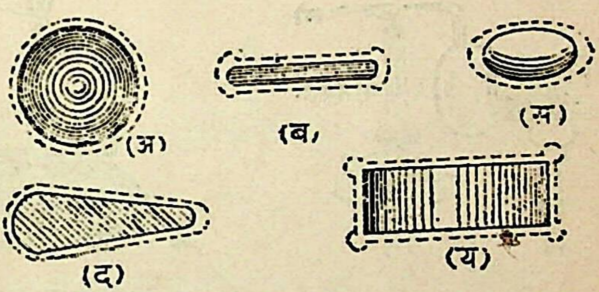
(स) अन्तश्शून्याविष्टचालकस्यैकस्य आभ्यन्तरे विद्युदावेशस्य अभावो भवति—

एतत्प्रयोगार्थं कुचालकाधारे संयुक्तः एकः पित्तलमयः अन्तश्शून्यगोलकः गृह्यते यस्मिन् ईदृशमेकं छिद्रं वर्तते यतः परीक्षातलस्य गोलकाभ्यन्तरे आवागमनं शक्यं भवति। एतत्तलं विद्युन्मयं क्रियते तस्याभ्यन्तरे च परीक्षातलं निक्षिप्य तस्य तलं स्पृश्यते तर्हि विद्युद्दर्शिनः समीपे आनयनात् तस्य स्वर्णपत्रयोः अपसरणं न भवति। किन्तु यदि परीक्षातलेन गोलकस्य वहिस्तलं स्पृश्येत तर्हि विद्युद्दर्शिनः स्वर्णपत्रयोर् अपसरणं भवति। अनेन स्पष्टीभवति यत् आविष्टसुचालकस्य आभ्यन्तरतले कोऽप्यावेशो न वर्तते विद्युच्च पूर्णतः चालकस्य वाह्यतले तिष्ठति।

११—कस्यचिद् चालकस्य तले आवेशस्य वितरणम्—

कस्यचिद् विद्युन्मयचालकस्य ऐकिके वर्गक्षेत्रे यावती विद्युन्मात्रा भवति सा तत्स्थानीयं वैद्युतं घनत्वम् (electrical density) इत्यभिधीयते। यद्येको गोलकः विद्युन्मयः क्रियते तर्हि तस्य तले समानरूपेण विद्युतः वितरणं भविष्यति तत्तलस्य च प्रत्येकस्मिन् स्थाने वैद्युतं घनत्वम् एकसदृशमेव भविष्यति।





चित्रम् २२.१२ चित्रम् २२.१३

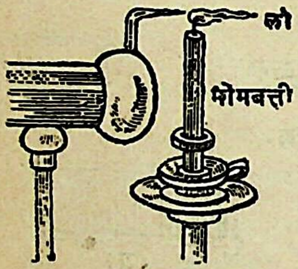
१२.१३ इति संख्यकेषु चित्रेषु विन्दुनिर्मितभी रेखाभिः वैद्युतघनत्वस्यानुमानं क्रियते। तीक्ष्णाग्रकेषु स्थानेषु घनत्वम् अधिकं भवति तथा च यदि कस्यचिद् चालकस्य किञ्चित्स्थानं चिपिटं स्यात् तर्हि तत्र अत्यल्पमेव वैद्युतं घनत्वं भविष्यति।

यदि कस्यचिद् विद्युन्मयविद्युद्रोधिनः सुचालकस्य समीपे कश्चिद् कुचालकः आनीयेत तर्हि तस्य वैद्युतघनत्वे परिवर्तनं जायते चालकस्य च यद्भागः कुचालकस्य समीपे भवति तस्य वैद्युतिकं घनत्वं दूरवर्तिनां भागानाम् अपेक्षया अधिकं भवति। यदि चेद् कुचालकस्य स्थाने कश्चिद् सुचालको कस्यचिद् विद्युन्मयसुचाललस्य समीपे अनीयेत तर्हि प्रेरणस्य कारणात् विपरीतौ परस्पराभिमुखावेशौ एकत्रीभवेताम् तयोश्चैव स्थानयोः घनत्वं सर्वाधिकं भवति। यदि चेद् अनाविष्टचालकस्य सम्बन्धः पृथिव्या सह क्रियते तर्हि स्वतन्त्रावेशः पृथिव्यां संक्रामति केवलश्च सम्बद्धावेशोऽवतिष्ठते। अतएव विपरीतावेशयोरुभयोः भूयोऽधिकम् आकर्षणं भवति तयोर्घनत्वञ्चापि वर्द्धते।

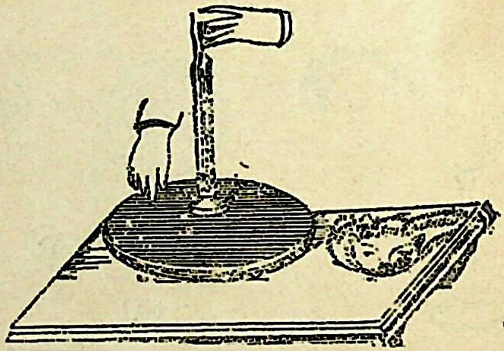
१२—शिताग्राणां कार्याणि (Action of Points)

यदि चेद् विद्युन्मये चालके शिताग्रभागाः स्युः तर्हि तेषु वैद्युतं घनत्वं सर्वाधिकं स्यात्। यदि समीरकणाः तान् शिताग्रभागान् स्पृशन्ति तर्हि तेऽपि विद्युन्मयाः भवन्ति। समानावेशत्वाच्च तेषु अपसरणं जायते। यतः ते शिताग्रभागात् दूरं पलायन्ते। भूयश्च नूतनसमीरकणाः तत्रागत्य इत्थमेव विद्युद्ग्रहणं कृत्वा गच्छन्ति। अतएव चालकस्य शिताग्रभागेभ्यः वायुद्वारा निरन्तरं विद्युद् बहिर्गच्छति। इत्थं विद्युतः बहिर्गमनस्य रीतिः संवहननिस्सर्जनम् (Conduction dishcarge) इति वायुकणानाम् अविच्छिन्नगतिश्च वैद्युतः पवन (Clcetrie winb) इत्यभिधीयेते।

वैद्युतं पवनं दर्शयितुम् एका शिताग्रीया सूचिका गृह्यते तस्याश्च सम्बन्धः केनचिद् विद्युदुत्पादकयन्त्रस्य 'च' इति मुख्यचालकेन क्रियते। सूचिकायाः शिताग्रभागसमीपे 'प्रज्वलितायाः द्रावकवर्तिकायाः 'म' इति शिखा आनीयते चेद् तर्हि शिखा सूचिकाग्रभागात् दूरमपसरति (चित्रम् २२.१४)।



चित्रम् २२.१४



चित्रम् २२.१५

एतत्कारणमिदं यत् सूचिकाग्रभागे सर्वाधिकविद्युद् एकत्रीभवति ये च समीरकणाः शिताग्रभागान् स्पृशन्ति तेषु समानावेशः सञ्जायते। अतएव शिताग्रेण अपसार्यमाणत्वात् ते शिताग्रभागाद् दूरं गच्छन्ति।

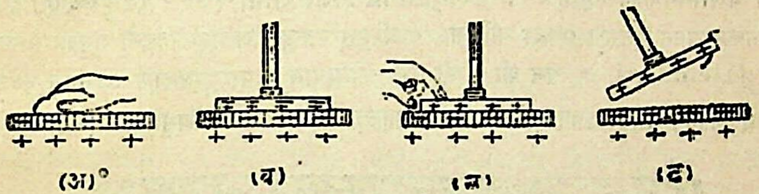
१३—इलेक्ट्रोफोरसः (Elcetrophorus)

प्रेरणद्वारा निरन्तरं विद्युदुत्पादनार्थं यदुपकरणं प्रयुज्यते तत्प्रेरणयन्त्रम् (Induction machine) इत्यभिधीयते। इलेक्ट्रोफोरस इत्येकं प्रेरणयन्त्रम् यस्य निर्मितिर् अतिसाधारणा भवति। कस्यचिद् धातोर् एकामुत्तलस्थालिकाम् आदाय तस्यां द्रावितलाक्षा पूरणीया अथवा एबोनाइटस्य चक्रिका संयोजनीया। इत्थं यन्त्रस्यास्य तलं (sole) निर्मीयते। तलोपरि एकान्या धातुपट्टिका निवेश्यते यत्र शीशकस्य एबोनाइटस्य वा हस्तकः संयुक्तो भवति (चित्रम् २२.१५)। पट्टिकेयं यन्त्रस्य आच्छादक (Cover) इत्यभिधीयते।

प्रयोगात्पूर्वं सर्वे भागाः आतपे हुताशनोपरि वा शुष्कीक्रियन्ते। भूयः तलस्य ऊर्ध्वं तलं फलालैनवस्त्रेण मार्जारत्वचा वा संघृष्यते विद्युद्रोधिना हस्तकेन च आच्छाकं गृहीत्वा तलोपरि स न्यस्यते। आच्छादकं अङ्गुल्या संस्पृश्य तस्य तलाद् उपरि उत्थाप्यते तर्हि आच्छादके विद्युदावेशः संक्रामति। अयमावेशः कस्मिंश्चिदपि कार्ये प्रयोक्तुं शक्यते भूयश्च आच्छाकं तलोपरि निवेश्य अङ्गुल्या च संस्पृश्य इत्थमेव निरन्तरं विद्युत्प्राप्तिः कर्त्तुं शक्यते।

कार्यसम्पादनसिद्धान्तः —

यदा लाक्षायाः चक्रिका फलालैनपटेन मार्जारत्वचा वा संघृष्यते तर्हि चक्रिकोपरि ऋणावेशो जायते तस्य प्रेरणाच्च धातोः पट्टिकाया उपरितले धनावेशो भवति स्वतन्त्रश्च ऋणावेशः पृथिव्यां गच्छति (चित्रम् अ)। यदा आच्छादकः चक्रिकोपरि न्यस्यते तर्हि स चक्रिकां केवलं कतिपयेषु (अ) (ब) (स) (द) विन्दुष्वेव स्पृशति यतः चक्रिकायाः तलं



चित्रम् २२.१६

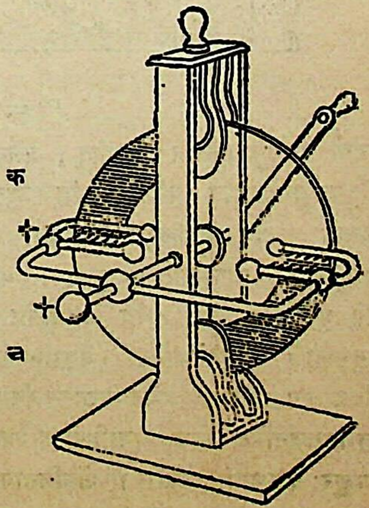
पूर्णतः समतलं न भवति। अतएव चालनद्वारा अत्यल्पा विद्युद् आच्छादके संक्रामति प्रेरणद्वारा च आच्छादकस्याधस्तलोपरि धनविद्युद् आगच्छति स्वतन्त्रश्च ऋणविद्युत् आच्छादकस्य उपरितले गच्छति (चित्रम् ब)। यदा आच्छादकः अङ्गुल्या स्पृश्यते तर्हि स्वतन्त्रः ऋणविद्युत् पृथिव्यां संक्रामति। (चित्रम् स)। भूयः आच्छादकस्य उत्थापनात् तस्य तलोपरि धनविद्युत् प्रसरति (चित्रम् द)।

इत्थं भूयोभूयः प्रयोगं कृत्वा आच्छादकात् विद्युत्प्राप्तिः कर्तुं शक्यते। सैद्धान्तिकेन विचारेणेदं समीचनं यत् वारमेकम् ग्राविष्टीकरणानन्तरम् अस्माभिः चक्रिकाद्वारा विद्युतः यथेष्टोपलब्धिः कर्त्तुं शक्यते। किन्तु, वस्तुतः अल्पतोऽप्यल्प आवेशः स्पर्शकारिभ्यः बहिर्गमनशीलो भवति आच्छादकाच्च उपलभ्यमानविद्युतः मात्रा ह्रसति। अतएव चक्रिका भूयः संघृष्या भवति।

१४—प्लेटयन्त्रम् (Plate machine)

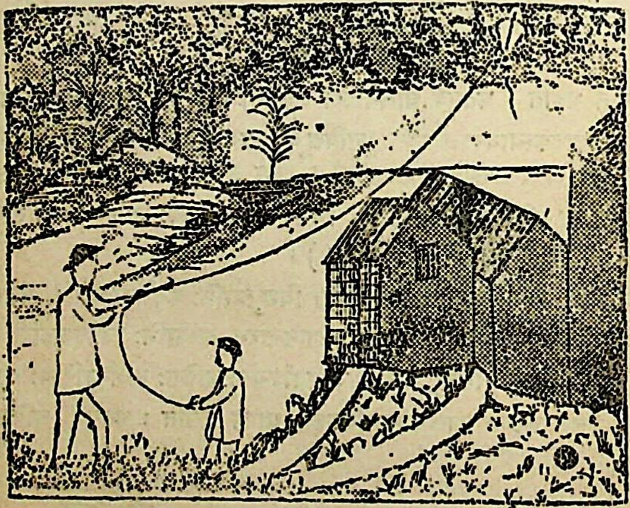
यन्त्रेऽस्मिन् शीशकस्य गोलाकारमेकं फलकं अमलगयुक्ताभिः चर्मपट्टिकाभिः संघृष्यते यतः धनविद्युद् उत्पद्यते धनावेशोऽयं धातोः 'क' इति 'स' इति च कङ्कतिकाद्वयेन एकत्रीकृत्य 'च' इति मुख्यचालकं (Prime conductor) यावत् नीयते यः पट्टिकायाः घूर्णनेन सदा धनावेशं प्राप्नोति। यन्त्रस्यास्य चित्रम् अत्र प्रदर्शितम्।

चित्रम् २२.१७



१५—वायुमण्डलीयाविद्युत् (Atmospheric Electric)

अतिपुरातनकालीना असभ्या अपि मानवाः वायुमण्डलीयया विद्युता परिचिता आसन्। तैः दैवकोप एवेति तस्य कारणमित्यवधारितम्। कथासाहित्ये आकाशीयविद्युद्विषये अद्भुताख्यानानि उपलभ्यन्ते। वैदिकसाहित्ये एतद्विषयकाः भौतिकनियमाः सम्यक्तया वर्णिताः। प्राचीनभारतीयशास्त्रेष्वपि तत्सम्बन्धीनि तत्त्वानि विवेचितानि। किन्तु पाश्चात्यदेशे बेंजामिनफ्रेंकलिनमहोदयेन (Benjamin Franklin) १७५२ खीष्टाब्दे एतद्विषयकं वैज्ञानिकमध्ययनं कृतम्। एकदा यर्हि स एकस्मिन् पतङ्गे शिताग्रलौहतन्तु संयुज्य सल्लकीरज्वा (Hempstring सन की डोरी इति भाषायाम्) पतङ्गमाकाशे उदनयत् रज्जोरग्रशीर्षे चैकां लौहकुञ्चिकां बबन्ध। कुञ्चिकाहस्तयोर्मध्ये च कौशेयसूत्रं संयोजितं येन ततो

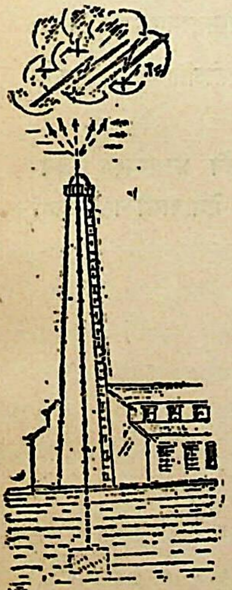


चित्रम् २२.१८

निर्गत्य विद्युद् हस्ते न संक्रामेत्। जलेन सल्लकीरज्जुः क्लिन्नोऽभवत् आविष्टमेघाश्च यर्हि पतङ्गसकाशात् परिसृतास्तर्हि रज्जुतः विद्युत् समक्रामत्। कुञ्चिकासकाशे अंगुल्याः नयनात् तद्वदेव स्फुलिङ्गाः प्रादुर्भूताः यथा इलेक्ट्रोफोरसेऽथवा कस्मिंश्चिद् अन्यस्मिन् विद्युदयन्त्रे प्रादुर्भवति। कुञ्चिका यर्हि लीडनजारस्य आभ्यन्तरिकतलेन संयुक्ता तर्हि घुण्टिकास्पर्शात् तथैव आघातोऽनुभूतः यथा आविष्टयन्त्रस्य घुण्टिकास्पर्शेण अनुभूयते। प्रयोगेणानेन बैञ्जामिनफ्रैङ्कलिनमहोदयेन साधितं यद् आकाशीयविद्युति यथार्थतः तादृशमेव विद्युद्विसर्जनम् भवति यादृग् घर्षणेन जायते। तत्र केवलमयं भेदो यत् विसर्जनमिदं विद्युन्मात्राधिक्याद् एकस्मिन् बृहत्परिमाणे भवति येन यदाकदा अतिभयङ्करः परिणामो भवति। फ्रैंकलिनानन्तरं आकाशीयविद्युद्विषये प्रचुरम् अन्वेषणं कृतं

यतो ज्ञातं यत् कदाचिद् मेघद्वयमध्ये कदाचिच्च मेघभुवोर्मध्ये घटितं विद्युद्विसर्जनमेव विद्युद्भासनस्य कारणमस्ति। विसर्जनेऽस्मिन् सैकेण्डस्य लक्षतमांशादपि न्यूनः कालोऽतिक्रामति। एतावत्कालपर्यन्तमेव विद्युद्विद्योतनं भवति। विद्युद्विसर्जनसमये वायोः प्रचुरोत्तापात् अतिशीघ्रगामिन्यः संवहनधाराः जायन्ते। यदि चेद् विसर्जनमार्गो लघुः ऋजुश्च स्यात् तर्हि गर्जनध्वनिरल्पैव श्रूयते। यदि चेद् मार्गो दीर्घः कुटिलश्च स्यात् तर्हि स्तनितं सुचिरं श्रूयते। मेघान्तराले शब्दप्रतिध्वनिरेव स्तनितस्य हेतुः विद्युतः विद्योतनमथवा तडिद् गर्जनञ्च सदैव प्रादुर्भवतः। परन्तु, ध्वनिवेगः प्रकाशवेगापेक्षया अत्यधिको न्यूनः अतएव प्रथमं तडिद् दृश्यते ततः किञ्चित्कालानन्तरं ध्वनिः श्रूयते। तडिता वायुर् उत्ताप्यते येन वायुः सहसैव प्रसरति। प्रसरित उष्णश्चायं वायुः वेगाधिक्येन ऊर्ध्वं प्रति उद्गच्छति प्रायशश्च तावतैव वेगेन शीतलः वायुः तस्य स्थानम् अधिगन्तुं अधः प्रति अवतरति। वायोरेतत्तीव्रगत्या प्रबलविद्युदावेशानां विसर्जनेन च भीषणध्वनिः सञ्जायते यद् मेघस्तनितमित्यभिधीयते।

१६—तडिच्चालकः (Lightning Conductor)



चित्रम् २२-१६

विद्युन्मयाः मेघाः यर्हि उत्तुङ्गानां प्रासादानामूर्ध्वभागे परिसरन्ति तर्हि भवनानि शिताग्रबिन्दूनां कार्याणि सम्पादयन्ति तेषु च प्रेरणद्वारा विपरीतावेशाः जायन्ते यस्य घनत्वं सर्वाधिके उच्चबिन्दौ अत्यधिकं भवति। यर्हि मेघानां प्रासादानाञ्च उच्चतमे भागे विपरीताः विद्युदावेशाः अत्यधिकपरिमाणे एकत्रीभवन्ति तर्हि मध्यवर्ती वायुः तेषां विसर्जनस्यावरोधेऽसमर्थो भवति। अतः अतिभीषणगर्जनेन प्रकाशस्य च तीव्रतरङ्गेण सह विद्युद्विसर्जनं भवति। अस्मिन् विसर्जनसमये वायौ एतावान् अधिक क्षोभः सञ्जायते यत् तेन भवनानि वृक्षाश्च निपतन्ति। अतएवोत्तुङ्गप्रासादानां विद्युतः परिरक्षणाय बैंजामिनफ्रैंकलिनमहोदयेन तेषु तडिच्चालकस्य सन्निवेशनविषयकः परामर्शः प्रदत्तः। अस्मिन् एका चिपिटा धातुपट्टिका प्रासादस्य उच्चतमभागादपि ३ मीटरं यावद् ऊर्ध्वं संस्थाप्यते ततश्च प्रासादाश्रयेण अध आनीय सा तडिच्चालकः पृथिव्या अन्तराले तावन्मात्रमधः नीयते यत् किञ्चिदार्द्रत्वं समायाति। ततः तत्पट्टिकायां लौहफलकमेकं संयुज्य सा पृथिव्यां निधाप्यते। अस्याः पट्टिकायाः ऊर्ध्वं शीर्षं शिताग्रं भवति येन तदुपरि प्रेरितावेशस्य घनत्वं प्रचुरं भवति।

अनया धातुपट्टिकया भवनस्य द्विविधं रक्षणं क्रियते। यर्हि विद्युन्मयो मेघः पट्टिकायाः शिताग्रोपरिभागे परिसरति तदा तत्र प्रेरितावेशस्य मात्रा अत्यधिका भवति यतः वायुकणाः

आविष्टाः भूत्वा मेघानां विद्युद्विनाशं कुर्वन्ति विद्युद्विसर्जनञ्च न भवति। यदि चेद् विद्युद्विसर्जनं भवति तर्हि पट्टिकाद्वारा विद्युद् सारल्येन पृथिव्यां सङ्क्रामति भवनस्य च कापि हानिर्न भवति। किन्तु, अत्रावधेयं यत् यदि तडिच्चालकः सम्यक्तया सन्निविष्टः न स्यात् तर्हि तेन लाभस्थाने क्षतिरेव क्रियते।

प्रश्नाः

१—विद्युन्मयानां वस्तूनां गुणाः कथं विज्ञेयाः ? प्रयोगेण व्याख्यातव्यम्।

२—प्रेरणद्वारा एकः स्वर्णपत्रविद्युद्दर्शी कथम् आविष्टीकरणीयः आविष्टीकरणसमये पत्राणां प्रसारे घटितपरिवर्तनस्य व्याख्या करणीया।

३—इलेक्ट्रोफोरसस्य वर्णनं कृत्वा तस्य कार्यसम्पादनरीतिर् व्याख्येया।

४—कथं साधनीयं यत् कस्यचिद् चालकस्य शिताग्रभागेषु आवेशस्य घनत्वं अत्यधिकं भवति। विद्युत्पवनः कथमाविर्भवति ?

५—वायुमण्डलीयविद्युद्विषयकमेकं निबन्धं लिख्यताम् चित्राङ्कनद्वारा च तडिच्चालकस्य निर्मितिः तस्य कार्यञ्च व्याख्येयम्। तस्य निर्माणे कस्मिन्विषयेऽवधातव्यमत्यावश्यकम्।

६—"यदि त्वया विद्युद्विद्योतनम् अवलोकितं तर्हि त्वं ततः सुरक्षितोऽसि।" आभाणकेस्मिन् कियन्मात्रं याथार्थ्यं वर्तते।

७—विद्युतः विद्योतनं स्तनितञ्च सहैव प्रादुर्भवतः। परन्तु विद्युद्दर्शने प्राथम्यस्य गर्जनश्रवणे आनन्तर्यस्य च किं कारणम् ? विद्योतनगर्जनयुक्तानां मेघानामौन्नत्यं कथं ज्ञातुं शक्यते ?

———

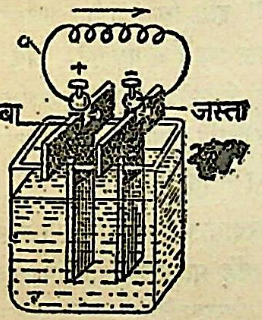
अध्याय : २३

विभिन्नप्रकारकाः कोशाः

(Different types of cells)

१—सरलबोल्टीयः कोशः (Simple Voltaic cell)

एकस्मिन्नायताकारे सीसकपात्रे किञ्चिद् तनुगन्धकाम्लकम् (तेजाब इति भाषायाम्) आदाय तस्मिन्नेकः जस्तदण्डकः निक्षेप्यः ततश्चाल्पान्तराले ताम्रदण्डकः निधातव्यः। एतेन पात्रे काचिद् रासायनिकी क्रिया न सञ्जायते। इदानीं दण्डकद्वयं ताम्रतन्तुनैकेन संयुज्यते ततः शीघ्रमेव ताम्रदण्डाद् हाइड्रोजननामकस्यैकस्य वातिकस्य बुद्बुदानि उत्तिष्ठन्ति। यदि चेद् ताम्रतन्तुं विच्छिद्य तस्मिन् विद्युद्घण्टिका संयुज्यते तर्हि सा ध्वनिं करोति। अनेन सिध्यति यत् तन्त्वौ विद्युत्प्रवाह आरब्धः।



चित्रम् २३.१

सरलोपकरणं सरलवोल्टीयकोश इत्यभिधीयते। यर्हि जस्तस्य ताम्रस्य च दण्डके तन्तुना संयुज्येते तर्हि इलेक्ट्रानकणाः जस्तदण्डकात् ताम्रदण्डकं प्रति धावन्ति। परन्तु, प्रचलितरीत्यनुसारेण इदं वक्तुं शक्यते यत् तन्त्वौ विद्युद्धारा ताम्रदण्डकात् जस्तदण्डकं प्रति विलयने च जस्तदण्डकाद् ताम्रदण्डकं प्रति चलति। ताम्रदण्डकस्तु धनपटलं (Positive Plate) जस्तदण्डकस्तु ऋणपटलम् (Negative Plate) इत्यभिधीयेते यथा जलधारा सर्वदा ऊर्ध्वतलाद् अधस्तलं प्रति चलति तथैव विद्युद्धारा ऊर्ध्वविद्युत्तलाद् अधोविद्युत्तलं प्रति चलति। वैज्ञानिकभाषायां विद्युत्तलमिदं विभव इत्यभिधीयते। कस्यचिच्च कोशस्य धनपटलस्य ऋणपटलस्य च विभवयोर्यदन्तरं भवति तत्तु तयोरुभयोर्पटलयोर् विभवान्तरम् (Potential difference) इत्यभिधीयते। यदि कस्मिंश्चिद् कोशे धाराप्रवाहो न भवेत् तर्हि तस्य पटलयोरुभयोर् अधिकतमं विभवान्तरं भवति। अनेन अधिकतमविभवान्तरेण कोशस्य विद्युद्वाहकं बलं (वि० वा० व०) माप्यते। विद्युद्वाहकं बलं विभवान्तरं वा मापितुं यन्मात्रकं प्रयुज्यते तत्तु वोल्टम् (Volt) इत्यभिधीयते। सरलकोशस्य वि० वा० व० इति १.०८ वोल्टं भवति।

२—सरलकोशस्य अवगुणाः (Defects of Simple cell)

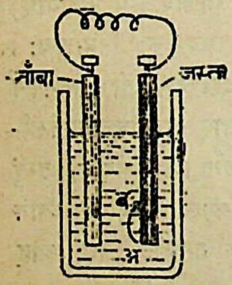
यदि चेद् सरलकोशाद् चिरं विद्युद्धारा गृह्येत तर्हि शनैः शनैः तस्य सामर्थ्यं ह्रसति अन्ततश्च धारा सर्वथा अवरुद्धा स्यात्। अतएव सरलः कोशः चिरकालं यावत् विद्युद्धा-

नेऽसमर्थो भवति । अस्य कारणद्वयं वर्तते :—

(१) स्थानीयक्रिया (Local Action) (२) ध्रुवाच्छादनम् (Polarisation)

(१) स्थानीयक्रिया—

यदि चेद् पूर्णतः शुद्धजस्तः तनुगन्धकाम्ले निक्षिप्येते तर्हि तदुपरि रासायनिकी क्रिया न भवति । अतः कोशेषु साधारणजस्तदण्डकाः प्रयुज्यन्ते । परन्तु, साधारणजस्तदण्डकेषु संखियाविषस्य (arsenic) शीसकस्य (lead) लौहादीनाञ्च अत्यल्पमात्रा वर्तते । अतएव यदा दण्डकोऽयं लघुगन्धकाम्ले निधीयते तर्हि अनेनैव दण्डकेन दण्डकाभ्यन्तरे एव एकः लघुकोशो निर्मीयते एवञ्च विभिन्नयोर्द्वयोर् धात्वोमध्ये विद्युद्धाराप्रवाहः प्रारभते । ईदृश्याः धारायाः स्थानीयाधारा (Local current) इत्यभिधानमस्ति । चित्रे "अ" इति बिन्दुतः "ब" इति बिन्दुं प्रति चलन्तीयं धारा प्रदर्शिता । यतः जस्तदण्डके अन्यधातूनां प्रचुराः कणाः विद्यन्ते अतः तस्मिन् ईदृश्योऽनेकधाराः चलन्ति । यतः मुख्यधारायाः गत्यवरोधेऽपि जस्तपदार्थो निरन्तरं क्षीयते रासायनिकी क्रिया च सततं भवति ।



चित्रम् २३.२

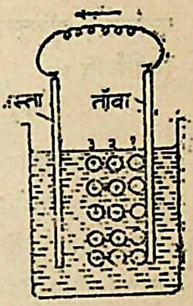
एतासां स्थानीयधाराणाम् अवरोधनार्थं जस्तदण्डके पारदावरणम् आरोप्यते । जस्तदण्डकं लघुगन्धकाम्ले निमज्य तदुपरि तूलेन पारदो घृष्यते तर्हि पारदस्य क्षीणावरणेनैव जस्तदण्डक आच्छाद्यते । पारदेन स्वाभ्यन्तरे जस्तपदार्थो विलाप्यते यतः केवलं जस्तपदार्थ एव गन्धकाम्लकेन स्पृश्यते अन्ये च धातवः पारदावरणस्य अभ्यन्तरे एव तिष्ठन्ति । ते अम्लकेन न स्पृश्यन्ते यतः रासायनिकी क्रिया न भवति । यदा कोशो उन्मुक्तो भवति तर्हि तस्याभ्यन्तरे कापि रासायनिकी क्रिया न भवति । इत्थं स्थानीया क्रिया अवरुध्यते ।

(२) ध्रुवाच्छादनम्—

यदि चेद् एकविद्युद्घण्टिकया सह सरलकोशस्य सम्बन्धः क्रियते तर्हि प्रथमं तु घण्टिका तीव्रध्वनिम् उत्पादयति तदनन्तरं ध्वनिर्मन्दायते किञ्चित्कालानन्तरञ्च घण्टिकारणनं सर्वथा अवरुध्यते । अनेन सिध्यति यद् विद्युद्धारायाः प्रबलता शनैश्शनैः ह्रसति अन्ते च सर्वथा समाप्यते ।

अस्य कारणमिदं यत् यर्हि धनाविष्टहाइड्रोजनस्य कणः ताम्रफलकसमीपे गच्छति तर्हि स स्वकीयं धनावेशं फलकाय यच्छति स्वयञ्च फलके संश्लिष्यति । यतः हायिड्रोजने ताम्रे वा कापि रासायनिकी क्रिया न भवति अतएव हाइड्रोजनस्य बुद्बुदाः फलके एकत्रीभवन्ति । विलयनापेक्षया च वातिको विद्युतः कुचालकोऽस्ति अतएव विद्युद्धाराया ह्रासो भवति । यर्हि बुद्बुदानामेकम् आवरणं सम्पूर्णे फलके घनीभूतं भवति तदनन्तरम् आगन्तुकानां धनाविष्टानाम् आयनानां आवरणम् आविष्टदशायां वातिकोपरि एकत्रीभवति

तदनन्तरं यहि तृतीयावरणस्य एकत्रीभवनं प्रारभते तर्हि द्वितीयस्य तृतीयस्य च आवरणस्य कणेषु समानावेशकारणात् अपसरणं भवति कणाश्च ते विपरीतायां दिशि चलितुं प्रयत्नं कुर्वन्ति यतः विद्युद्धारा सर्वथा अवरुध्यते कोशश्च निष्प्रयोज्यो भवति । दोषश्चायं ध्रुवाच्छादनम् इत्यभिधीयते ।



चित्रम् २३.३

दोषस्यास्य अयमेव दूरीकरणोपायोस्ति येन कथमपि ताम्रफलकात् हायिड्रोजनस्य अपसारणं भवति । अत्र रीतित्रयं भवति ।

(अ) यान्त्रिकीरीतिः (Mechanical Method)

रीत्यामस्याम् स्वल्पकालान्तराले ताम्रफलकं अम्लकाद् बहिः निस्सार्यते ततश्च हायड्रोजनवुद्वुदाः कूर्चिकया अपसार्यन्ते । किन्तु, अस्या रीत्या उपयोगो न क्रियते ।

(ब) रासायनिकी रीतिः (Chemical Method)

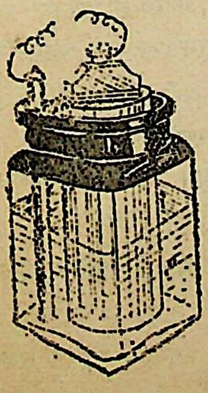
रीत्यामस्यां धनात्मकफलकस्याभितः कश्चिद् आक्सिजनदायकः पदार्थः यथा क्षारीयाम्लकं (शोरे का तेजाव), पोटेशियमवाइक्रोमिटोऽथवा मैंगनीज-डाइ-आक्साइडो निधीयते यतः हाइड्रोजनः आक्सिजनेन मिलित्वा जलमुत्पादयति ध्रुवाच्छादनं च न भवति । एषां वस्तूनां प्रयोगेण विविधाः कोशाः निर्मिताः । अग्रे तेषां वर्णनं भविष्यति ।

(स) विद्युद्रासायनिकी रीतिः (Electro Chemical Method)

रीत्यामस्यां हायड्रोजनस्थाने कस्यचिद् अन्यस्य धातोर् आविष्टाः कणाः निस्सृत्य धनात्मके फलके एकत्रीभवन्ति यतो ध्रुवाच्छादनं न भवति । कतिपयकोशेषु इयमपि रीतिः प्रयुज्यते ।

(३) लिक्लान्शीकोशः (Leclanche cell)

अयमेकेन विस्तृतमुखीयेन सीशकपत्रेण निर्मीयते यस्मिन् नवक्षारस्य —नौसादर इति भाषायाम्— गाढमिश्रणं (३ भागाः नवक्षारस्य तथाच २० भागाः जलस्य) पूरितं भवति । अस्मिन् एकः जस्तदण्डको निमग्नस्तिष्ठति यस्योपरि पारदावरणम् आरोपितं भवति । अनेन ऋणात्मकफलकस्य कार्यं क्रियते । एकस्मिन् चीनीमृत्तिकामयस्य रन्ध्रमयस्य पात्रस्याभ्यन्तरे कार्बनपट्टिका संयुक्ता भवति तस्याभितश्च मैंगनीजडायाक्साइडस्य मिश्रितं चूर्णं पूरितं भवति । कार्बनपटलमिदं कोशस्य धनात्मकं पटलं भवति । मैंगनीजडायक्साइडः हाइड्रोजनेन मिलित्वा तं जलरूपेण परिवर्तयति यतः ध्रुवाच्छादनं न भवति । कार्बनचूर्णस्य हेतोर् आक्साइडः सुचालको भवति ।


(चित्रम् २३.४)

जस्ते नवक्षारके च रासायनिकी क्रिया जायते यतः जस्तक्लोराइडः, अमोनिया हायड्रोजनश्चेति पदार्थाः निर्मीयन्ते ।

$$\overset{++}{Zn} + 2NH_4CL. = 2nCL_2 + 2NH_3 + 2\overset{+}{H}$$

अमोनियावातिको जले निरन्तरं विलीयते। हायड्रोजनस्य आयनद्वयं रन्ध्रमयफलकतः परिसृत्य फलकं प्रति चलति मार्गे च मैंगनीजडायाक्साइडेन मिलित्वा जलं निर्वर्तयति।

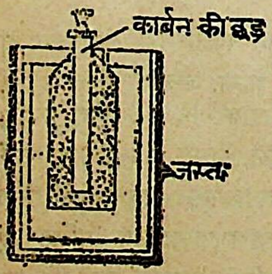
$$H_2 + 2MnO_2 = Mn_2O_3 + H_2O$$

हायड्रोजनीयस्य आयनस्य आवेशः कार्बनकणैः धनात्मकफलकं यावत् नीयते।

अस्मिन् कोशे शीघ्रं शीघ्रं हायड्रोजन उत्पद्यते मैंगनीजडायाक्साइडश्च एतावता शैघ्र्येण तं जलरूपेण परिवर्तयितुं समर्थो न भवति। अतएव किञ्चित्कालं यावत् प्रयोगं कृत्वा कोशाय अवकाशदानस्यावश्यकता भवति। यर्हि सम्पूर्णः हाइड्रोजनः जलरूपेण परिणमति तर्हि कोशः पुनः विद्युदुत्पादनं करोति। अतएव कोशोऽयं एतादृशेषु कार्येषु अतीवोपयोगी भवति यत्र विरम्य विरम्य विद्युद्धाराया आवश्यकता भवति यथा दूरभाषयन्त्रे, विद्युद्घण्टिकायां तथा दूरसन्देशप्रेषणयन्त्रेत्यादिषु। अस्य वि० वा० व० प्रायेण १.४ वोल्टं भवति।

४—शुष्कः कोषः (Drycell)

अयन्तु लिकलांशीकोषस्यैव संशोधितं रूपमस्ति। परन्तु, अस्मिन् नवक्षारविलयनस्थाने तस्य प्रगाढ़ः कल्कः प्रयुज्यते। तस्याभ्यन्तरे कार्बनस्यैकः वर्तुलः दण्डकस्तिष्ठति यस्याभितः स्वल्पग्लिसरीनपेरिसप्लासटराभ्यां मिश्रितं जस्तक्लोराइडनवक्षारयोः विलयने धृष्टम् एकं कार्बनस्य मैगनीजडायक्साइडस्य च मिश्रणम् लसिकावद् आरोप्यते एतल्लसिकोपरि वस्त्रस्य आवरणत्रयम् आवेष्ट्य भूयः तल्लसिकावरणम् आरोप्यते। ततश्च स दण्डकः जस्तस्य वर्तुले पात्रे निधीयते। अत्र कार्बनस्य दण्डकः धनात्मकफलकस्य कार्यं सम्पादयति जस्तस्य वर्तुलं पात्रञ्च ऋणात्मकफलकस्य कार्यं निर्वहति। पात्रस्याभितः कर्गदस्य कस्यचिदन्यस्य वा कुचालकस्य आवरणम् आरोप्यते यतः तेन टार्चप्रभृतीनां भित्तिः स्पृष्टा न स्यात्। कोशस्याभ्यन्तरं अमोनियावाष्पकं निर्मीयते। तन्निसारणार्थम् एकं सुषिरम् अपि भवति।



(चित्रम् २३.५)

अस्य क्रिया सर्वथैव लिक्लांशीकोषवद् अस्ति। अस्य वि० वा० व० इति तु प्रायेण १.४ वोल्टं भवति।

कोषोऽयं शुष्क इत्यभिधीयते किन्तु अयं सर्वथा शुष्को न भवति। यदा स सर्वथा शुष्को भवति तर्हि निष्प्रयोज्यो भवति।

५—कोषाणां संयोजनम्—

सामान्यतः कोषा द्विधा संयुज्यन्ते :—

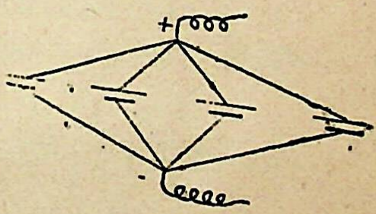
(१) श्रेणीक्रमे (२) समान्तरक्रमे च ।

(१) **श्रेणीक्रमे**—अस्मिन् क्रमे एकस्य कोषस्य ऋणध्रुवं द्वितीयस्य धनध्रुवेण द्वितीयस्य च ऋणध्रुवं तृतीयस्य धनध्रुवेण संयुज्यते । इत्थमेव सर्वे कोषाः संयुज्यन्ते (चित्रम् २३.६)। प्रथमकोषस्य धनध्रुवं अन्तिमकोषस्य च ऋणध्रुवं विद्युत्परिपथस्य उभाभ्यां शीर्षाभ्यां संयुज्येते । **श्रेणीक्रमे संयुक्तानां अनेककोषाणां विभवान्तरं सर्वेषां तेषां कोषाणां विभवान्तरयोगेन तुल्यं भवति ।** यदि चेद् १.४ वोल्टीयाः चत्वारः कोषाः संयुक्ताः स्युः तर्हि तेषां विभवान्तरम् १.४×४=५.६ वोल्टं भवति ।

(२) **समान्तरक्रम :**—अस्मिन् क्रमे सर्वेषां कोषाणां उच्चविभवीयाः फलकाः विन्दुनैकेन निम्नविभवीयाश्च फलकाः द्वितीयेन विन्दुना संयुज्यन्ते । इमावेवोभौ विन्दू बाह्येन विद्युत्परिपथेन संयुज्येते (चित्रम् २३.७)। **समान्तरक्रमे संयुक्तानां कोषाणां विभवान्तरं केवलस्यैकस्य कोशस्य विभवान्तरतुल्यं भवति ।**



चित्रम् २३.६



चित्र मे २३.७

६—विद्युद् धारायाः अन्यवस्तुषु प्रभावः

यदा विद्युद्धारा विभिन्नवस्तुषु परिसार्यते तर्हि तेषु साधारणतः तस्य त्रिविधः प्रभावः भवति—(१) चुम्बकीयः प्रभावः (२) तापीयः प्रभावः (३) रासायनिकः प्रभावश्चेति ।

प्रत्येकप्रभावस्य वर्णनं अग्रिमेषु अध्यायेषु भविष्यति ।

प्रश्नाः

(१) साधारणकोषे केऽवगुणाः सन्ति ? ते कथं निराक्रियन्ते ?

(२) लिक्लांशीकोषस्य निर्मितिः व्याख्येया । कोषोऽयं कीदृशेषु कार्येषु अधिकोपयोगी भवति ?

(३) शुष्ककोषस्य निर्मितिर्व्याख्येया । किम् कोषोऽयं सर्वथा शुष्को भवति ?

(४) कोषाणां अन्योन्येन तुलनां कृत्वा निर्दिश्यतां कः कोषः कस्मिन् कार्ये प्रयुज्यते ?

(५) कोषाणां संयोजनरीतिं चित्रद्वारा निर्दिश्यताम् ।

एकस्मिन् वैटर्यां एकसदृशाः अनेककोषाः सन्ति येषु प्रत्येकः १·५ वोल्टीयोऽस्ति तर्हि वैटर्याः वि० वा० वलं किं भविष्यति, यदि (१) सर्वे कोषाः श्रेणीवद्धाः क्रियन्ते (२) सर्वे कोषाः समान्तरक्रमे संयुज्यन्ते ?

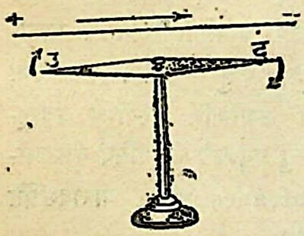
—:०:—

अध्याय : २४

विद्युद्धारायाः चुम्बकीयः प्रभावः
(Magnetic Effect of current)

१—और्स्टिडस्य प्रयोगः (Oersted's Experiment)

प्रायेण १८१९ ख्रीष्टाब्दे डेनमार्कदेशीयेन औसंटडेननामकेन वैज्ञानिकेन प्रयोगानन्तरं प्रत्यक्षीकृतं यत् यर्हि ताम्रतन्तुः, यस्याभ्यन्तरे विद्युद्-धारा प्रवाहिता स्यात्, कस्याश्चिद् चुम्बकीयसूचिकोपरि चुम्बकीययाम्योत्तरदिशि गृह्यते (चित्रम् २४-१) तर्हि सूचिका चुम्बकीययाम्योत्तरात् परिवर्तते। यदि च विद्यु-द्धारायाः दिक्परिवर्तनं क्रियेत तर्हि सूचिकापि विपरीतायां दिशि परिवर्तते। तेन प्रयोगेणानेन निष्कृष्टं यत् चुम्बक-विद्युद्धारयोर्मध्येऽवश्यमेव कश्चिद् घनिष्टः सम्बन्धोऽस्ति।



चित्रम् २४-१

२—ऐम्पीयरस्य वामहस्तनियमः (Ampere's Left Hand Rule)

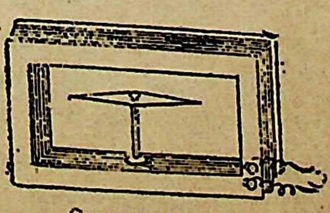
औसंटडमहोदयस्य प्रयोगानन्तरं ए० एम० ऐम्पीयरमहोदयेन (A. M. Ampere) चुम्बकपरिवर्तनस्य दिग्विषये नियम एकोऽधिगतः। यथा—

कल्प्यं यत् एकः मानवः विद्युद्धारायाः दिशि तन्तुना सहैव सन्तरति तस्य मुखञ्च चुम्बकीयसूचिकाभिमुखम् अस्ति तर्हि सूचिकाया औदीच्यं ध्रुवं तस्य वामकराभिमुखं वक्रीभवति।

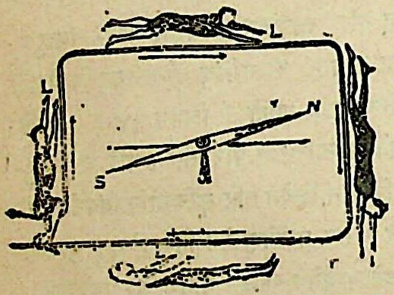
नियमोऽयम् ऐम्पियरस्य वामहस्त नियम इत्यभिधीयते।

नियमेनानेन विद्युद्धारायाः दिशः ज्ञानानन्तरं चुम्बकस्य नमनदिग् ज्ञातुं शक्यते चुम्बकस्य च दिशं दृष्ट्वा विद्युद्धारायाः दिग् ज्ञातुं शक्यते।

यदि चेद् चुम्बकीयसूचिकाया अभितः एकतन्तुः आयताकारेण वक्रीक्रियते तदनु तस्मिन् विद्युद्धारा प्रवाह्येत (चित्रं २४-२) तर्हि तन्त्वोरुपरिभागे प्रवहणशीला धारा सूचिकाया औदीच्यं ध्रुवं सन्तरणशीलमनुष्यस्य वामहस्ताभिमुखं विनामयति। सैव तन्तुः यर्हि चुम्बकीयसूचिकाया अधो नीयेत, तर्हि


चित्रम् २४-२

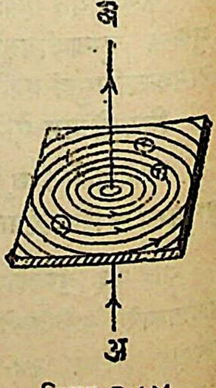
तस्मिन् विद्युद्धाराया दिग् उपरिवर्तिनः तन्त्वोर्विपरीता स्यात् । किन्तु, इदानीं सन्तरण-शीलमनुष्यस्य मुखं ऊर्ध्वाभिमुखं भविष्यति न तु निम्नाभिमुखम् । तस्य वामकरश्च **तामेव दिशं सङ्केतं करिष्यति** यां प्रति उपरि सन्तरणशीलस्य मानवस्य करोति । अतएव तन्त्वोरभितः परिभ्रमणात् तन्त्वोर् **ऊर्ध्वाधः भागानां प्रभावः संयुज्यते चुम्बकीयसूचिकायाश्च विक्षेपो** (deflection) **अधिकायते ।** यदि चेद् चुम्बकीयसूचिकाया अभितः एकस्मिन् काष्ठस्यायताकारे चतुष्के अनेकचक्रकाणि सन्निविष्टानि स्युः (चित्रम् २४-३) तर्हि विद्युद्धारायाः प्रभावः तावद्गुणितो भवेत् । तथाच, तन्तौ अतिस्वल्पाया एव विद्युद्धाराया प्रवाहाद् सूचिकायां विक्षेपो जायते यतोऽस्माभिः धाराप्रवाहस्य दिग्ज्ञानं कर्तुं शक्यते । ईदृश यन्त्रः विद्युद्धाराया उपस्थितिं तस्याश्च प्रवाहदिशम् अवगन्तुं प्रयुज्यते यन्त्रमिदं गैलवनोस्कोपः (Galvanoscope) धारादर्शीति वा अभिधीयते ।



चित्रम् २४.३

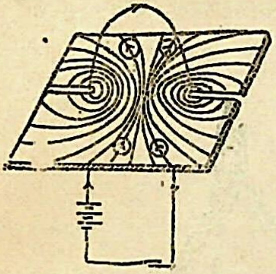
२—विद्युद्धाराया अभितः चुम्बकीयं क्षेत्रम्—

औरसंटडीयेन प्रयोगेण सिध्यति यत् विद्युद्धाराया अभित एकं चुम्बकीयं क्षेत्रं वर्तते । प्रयोगेणानेन अस्माभिः तथ्यस्यास्य पुष्टिः कर्तुं पार्यते । कस्मिंश्चिद् काष्ठाधारे पट्टशकलमेकं क्षैतिजदिशि प्रलम्ब्यते पट्टके च सुषिरमेकं कृत्वा ततः ताम्रतन्तुरेकः निस्सार्यते । तन्त्वोरभितः पट्टके लौहचूर्णं प्रसार्यते तन्तौ च विद्युद्धारा अधिसार्यते तथाच अङ्गुल्या पट्टके शनैः शनैः खट्खटायते तर्हि लौहचूर्णं समकेन्द्रकवृत्तानाम् (Concentric circles) आकारे क्रमबद्धानि भवन्ति । यद्येकां स्वल्पदिग्सूचकसूचिकाम् आदाय बलरेखाणां दिग् ज्ञायते तर्हि तन्त्वोर् अतिसमीपे बलरेखा प्रायेण वृत्ताकाराः भविष्यन्ति । यतः तत्र विद्युद्धारायाः क्षेत्रं प्रधानं भवति । परन्तु, तन्त्वोर्दूरे गमनात् पृथिव्याः चुम्बकीयस्य क्षेत्रस्य प्राधान्यं भविष्यति बलरेखाश्च तदनुसारेण निर्मीयन्ते । यत्र क्षेत्रद्वयं समं विपरीतं च भवति तत्र उदासीनबिन्दुः (neutral point) भविष्यति ।



चित्रम् २४-४

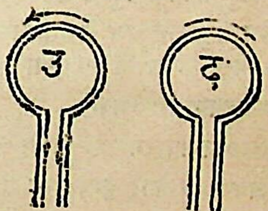
४—वृत्ताकारायामेकस्यां प्रवहणशीला[illegible]द्धारायाः चुम्कीयं क्षेत्रम्:—



चित्रम २४-५

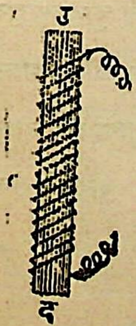
ताम्रतन्तुरेकः वृत्ताकारे विनाम्यते । स क्षैतिजपट्टकस्यैकस्य सुषिरद्वयात् निस्सार्यते । तस्य शीर्षद्वयं बैटर्या सह सम्बध्यते यतः विद्युद्धारा बाणेन निर्दिष्टायां दिशि प्रवहति (चित्रम् २४-५) । इदानीं दिग्सूचकसूचिकयैकया बलरेखाः आकृष्यन्ते तर्हि ज्ञायते यत् तन्तोः सर्वथा समीपे बलरेखाः प्रायेण वृत्ताकाराः सन्ति । तन्तोः दूरगमने तस्य वक्रत्व न्यूनं भवति । **कुण्डल्याश्च केन्द्रे उभयपार्श्वीयाः बलरेखाः प्रायेणः समान्तरा कुण्डल्याश्च तलस्य लम्बरूपाः भवन्ति ।** अस्मिन् स्थाने चुम्बकीयं क्षेत्रं स्वल्पक्षेत्रफले एकसदृशं भवति । अग्रिमेण नियमेन कुण्डल्या ध्रुवं ज्ञायते ।

कुण्डलीं स्वसम्मुखे निधाय विद्युद्धारा द्रष्टव्या । यदि चेद् विद्युद्धारा दक्षिणावर्तदिशि (clockwise) प्रवहति तर्हि यत्तलं तव नेत्रस्य सम्मुखे तिष्ठति तदौदीच्यं ध्रुवं भविष्यति । यदि चेद् विद्युद्धारा वामावर्तदिशि प्रवहेत तर्हि सम्मुखीनं तलम् औदीच्यं ध्रुवं भविष्यति । २४-६ चित्रस्य साहाय्येन नियमोऽयम् अवगन्यते



चित्रम् २४-६

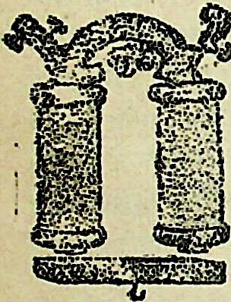
५—विद्युद्चुम्बकः (Electromagnets)



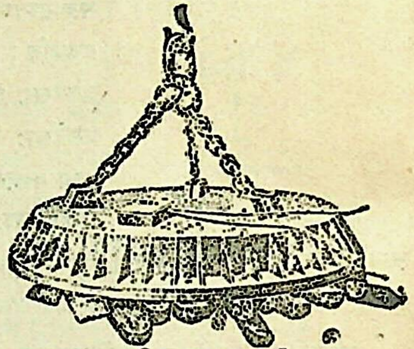
चित्रम् २४-७

यदि चेद् सूत्रावेष्टितस्य ताम्रतन्तोः दीर्घमिकां कुण्डलिकां विधाय तस्यां विद्युद्धारा प्रवाह्येत तत्कुण्डलिकाभ्यन्तरे च एकः मृदुलौहदण्डकः निधीयेत (चित्रम् २४-७) तर्हि सोऽतिशक्तिसम्पन्न एकश्चुम्बकः भवति । अभ्यन्तरे लौहदण्डकस्य निधानात् कुण्डल्याः चुम्बकीया शक्तिः अनेकशतगुणिताधिका भवति । यदि चेद् लौहचूर्णं लौहदण्डकस्य शीर्षसमीपे नीयेत तर्हि तच्चूर्णं दण्डके संश्लिष्यति । परन्तु, कुण्डल्याभ्यन्तरे यदि धारायाः प्रवाहोऽवरुध्येत तर्हि लौहदण्डकस्य चुम्बकत्वं क्षिप्रमेव तिरोहति तत्र संश्लिष्टं चूर्णञ्च अधः पतति । यदि चेद् कुण्डल्यां धारायाः दिग्परिवर्तनं क्रियते तर्हि दण्डकस्य ध्रुवे विपरीतदिशोः भविष्यतः । कुण्डल्याभ्यन्तरे धारा यावत्प्रबला स्यात्

प्रतिसेण्टीमीटरं परिभ्रमणसंख्या च यावदधिका स्यात् तावदेव शक्तिशाली चुम्बकः निर्वर्त्येत । अस्माभिर् आवश्यकतानुसारेण कयाचिदपि आकृत्या सम्पन्नः दण्डक आदातुं शक्यते ।

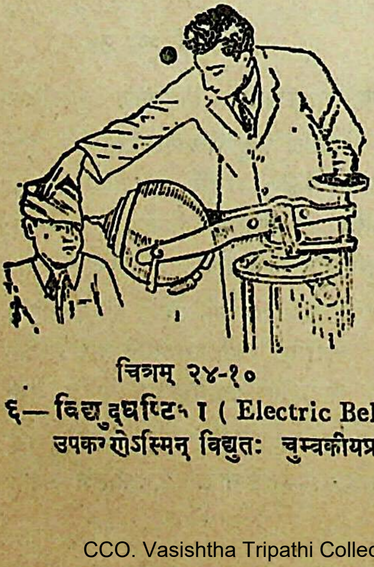


चित्रम् २४-८



चित्रम् २४-९

एतेषां सौविध्यानां कारणात् विभिन्नाकारका: विद्युच्चुम्बका निर्वर्त्य अनेकेषु कार्येषु प्रयुज्यन्ते । क्षुद्राविद्युच्चुम्बकाः (चित्रम् २४-८) विद्युद्घण्टिकायां, दूरसंदेशप्रेषके, दूरभाषे विद्युन्मापकयन्त्रेषु च प्रयुज्यन्ते । प्रचुरशक्तिशालिनः चुम्बकाः (चित्रम् २४-९) लौहकर्मालयेषु प्रयुज्यन्ते तत्र ते शताधिकमणपरिमाणकानि लौहखण्डानि स्वतले संश्लिष्य उद्गृह्णन्ति यन्त्रसाहाय्येन च एकस्मात् स्थानात् अन्यत्र प्रापयन्ति । इमे चुम्बका एतावान् अधिकशक्तिसम्पनाः भवन्ति यत् ते स्वध्रुवस्य १ वर्गसेण्टीमीटरपरिमितेन क्षेत्रफलेन १५ किलोग्रामपरिमाणकं यावत् लौहं उत्थापयितुं शक्नुवन्ति । यावदेव तेषु प्रवहणशीला धारा अवरुध्यते तेषां चुम्बकीया शक्तिः तिरोहति संश्लिष्टश्च लौहः निपतति ।



चित्रम् २४-१०

यदि चेद् लौहखण्डानि केनचिद् अन्यधातुना मिश्रितानि स्युः तर्हि चुम्बकसाहाय्येन तानि पृथक्कर्त्तुं शक्यन्ते । लौहकर्मशालायां कार्यकर्तॄणां पुरुषाणां नेत्रे कदाचिद् लौहचूर्णं निष्पतति । शक्तिशालिना चुम्बकेन तच्चूर्णं सरलतया वहिष्कर्त्तुं शक्यते ।

६— विद्युद्घण्टिका । (Electric Bell)

उपकरणेऽस्मिन् विद्युतः चुम्बकीयप्रभावस्य उपयोगं कृत्वा विद्युच्छक्तिः शब्दरूपेण

परिवर्त्यते। इदन्तु एकेन विद्युन्नालचुम्बकेन, 'ह' इत्याघातकेन 'घ' इति घण्टिकया च निर्मितं भवति। 'ह' इत्याघातक: 'अ' इति मृदुलौहशकलेन संयुक्तो भवति। तत्तु आर्मेचरं (armature) इति नाम्नाभिधीयते। 'अ' इत्यार्मेचरन्तु एकया पट्टिकया संयुक्तं भवति यस्या: शीर्षं 'र' इति स्थाने स्थायिरूपेण कीलितं भवति द्वितीयञ्च शीर्षं 'प' इत्येकं कुण्डलितं धातुकीलकं स्पृशति। 'प' इति कुण्डलितकीलकस्य सम्बन्ध: 'क' इति कुञ्चिकात: परिसृत्य 'ब' इत्येकया बैटर्या सह भवति।

यहि 'क' इति कुञ्चिका सम्पीड्यते तर्हि धाराया: प्रवाहकारणात् चुम्बक: 'अ' इति मृदुलौहमयम् आर्मेचरं तेन सहैव 'ह' इत्याघातकं च स्वाभिमुखम् आकर्षति। यत: 'ह' इति आघातक: घण्टिकया संघृष्यते ततश्च 'टन्' इति ध्वनिरुत्पद्यते। परन्तु यावदेव आर्मेचरं चुम्बकं प्रति चलति कुण्डलिन्या: सम्बन्ध: 'प' इति कुण्डलितकीलकाद् विच्छिद्यते प्रवाहश्च अवरुध्यते यत: चुम्बके चुम्बकत्वं तिरोहति। अतएव कुण्डलिन्या: स्थिति-स्थापकत्वात् आर्मेचरं भूय: स्वकीयां पूर्वस्थितिं प्राप्नोति कुण्डलिनी च 'प' इति कुण्डलितं कीलकं स्पृशति। पुन: प्रवाह आरभ्यते आतपश्च घण्टिकया सह संघर्षणं कृत्वा 'टन टन' इति ध्वनिं करोति। इत्थं यावत्पर्यन्तं 'क' इति कुञ्चिका सम्पीडिता भवति तावत्पर्यन्तं निरन्तरं 'टन टन' इति ध्वनि: भवति।

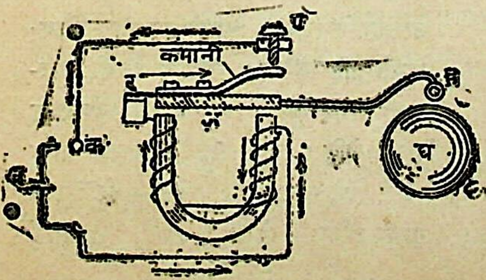
७—दूरसंदेशवहित्रम् (Telegraph)

इदमपि उपकरणं विद्युत: चुम्बकीयप्रभावस्य उपयोगेन निर्मीयते यस्य साहाय्येन एकस्मात् स्थानात् अन्यस्थानपर्यन्तं 'डैश (dash) डौट (dot)' इत्यस्य भाषायां वृत्तानि प्रेषितुं शक्यन्ते। उपकरणस्यास्य अस्माभिर्भागत्रयं कर्त्तुं शक्यते।

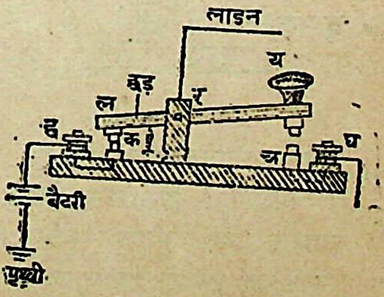
(अ) प्रेषक: (Transmiter) यस्य कार्यन्तु वृत्तप्रेषणम्।

(ब) ततितन्तु: (Line wire) यस्य कार्यन्तु वृत्तस्य प्रेषकात् संग्राहिपर्यन्तं नयनमस्ति।

(स) अभिग्राही (receiver) यस्य कार्यन्तु वृत्तग्रहणमस्ति।



चित्रम् २८-११



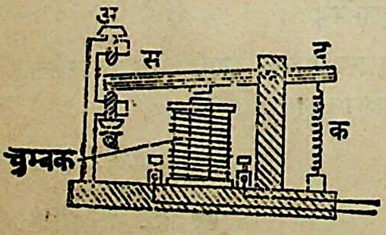
चित्रम् २४.१२

प्रेषक:—अयन्तु एकप्रकारिकया कुञ्चिकया निर्मीयते। सा तदाविष्कारकनाम्ना मोर्स-कुञ्चिका (Morsekey) इत्यभिधीयते। काष्ठस्य एबोनाइटस्य वा आयताकाराधारे "ल

य" इति ऋजुपित्तलशकलमेकम् एकस्मिन् क्षैतिजेऽक्षे घूर्णमानं संयुक्तं भवति । तस्य एकस्मिन् शीर्षे "य" इति एवोनाइटस्य घुण्टिका अन्यस्मिन् च शीर्षे "क" इत्येका कुण्डलिनी संयुक्ता भवति । आधारे त्रीणि संयोजककुण्डलितकीलकानि संयुक्तानि भवन्ति । "च एवं छ" इत्येतयोः कुण्डलितकीलकयोर्मध्ये एका बैटरी संयुक्ता भवति तस्याश्च सम्बन्धः पृथिव्याः सह भवति । मध्यवर्तिना "र" इति कुण्डलितकीलकस्य सम्बन्धः ततितन्तुना सह भवति यथा २४.१२ इति चित्रेण स्पष्टीभवति ।

ततितन्तुः—इमे लौहमयाःताम्रमयाःवा तन्तवः भवन्ति ये तुङ्गस्तम्भेषु संयुक्तशरावेषु सन्निवेश्य प्रेषणस्थानात् ग्रहणस्थानं यावत् नीयन्ते । कदाचिद् इमे भुवोऽन्तरे लौहनलिकासु निक्षिप्य अनेकमीलपर्यन्तं नीयन्ते । यहि समुद्रतः दूरवृत्तवहित्रस्य तन्तव एकस्माद् देशाद् अन्यं देशं यावत् नीयन्ते तर्हि लवणस्य जलेन तेषां रक्षणार्थं तेषामुपरि गटापार्चापदार्थस्य आवरणम् आरोप्यते । तदुपरि लौहतन्तुम् आवेष्ट्य भूयः कोलतारनामकस्य पदार्थस्य प्रलेपः क्रियते । एतादृशः तन्तुः समुद्रीयः तन्तुः (Cable) इति नाम्नाभिधीयते ।

अभिग्राही—अयमपि मोर्साभिग्राही (Morse Receiver) इत्यभिधीयते । अयन्तु एकेन ऊर्ध्वाधरविद्युच्चुम्बकेन निर्मीयते यः काष्ठस्य एवोनाइटस्य वा आधारे संयुक्तो भवति । विद्युच्चुम्बकस्य शीर्षमेकं ततितन्तुना संयुक्तं भवति द्वितीयञ्च शीर्णं पृथिव्यां निहितं भवति । चुम्बकस्य सर्वथोपरिभागे मृदुलौहस्य खण्डमेकं "स द" इति लीवरे संयुक्तं भवति । लीवरस्य शीर्षमेकं "क" इति कुण्डलिन्याः कारणात् अधोभागे आकृष्टं भवति यतः तस्य द्वितीयं शीर्णं "अ" इति कुण्डलितकीलकस्य शिताग्रकं स्पृशति । यदा चुम्बके धाराप्रवाहो भवति तर्हि तेन लीवरम् अधः प्रति आकृष्यते यतः लीवरस्य शीर्णं "व" इति कुण्डलितकीलकस्य शिताग्रभागेन संघर्षणं करोति 'क ट" इति ध्वनिम् च उत्पादयति । यहि चुम्बके धाराप्रवाहोऽवरुध्यते तर्हि 'क' इति कुण्डलिततन्त्वोः कारणात् लीवरं भूयः "अ" इतिऊर्ध्ववर्तिना

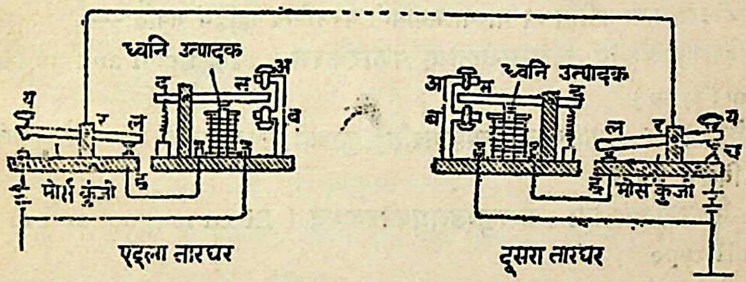


२४.१३

कुण्डलितकीलकेन घर्षणं "क ट" इति ध्वनिञ्च करोति । इत्थं यदि अल्पकालं यावद् अधिककालर्यन्तं वा विरम्य विरम्य धारा प्रवाह्यते चेत् तर्हि द्वयोः "कट—कट" इति उत्तरोत्तरशब्दयोर्मध्येऽल्पम् अधिकं वा अन्तरं कृत्वा डौटाः (dots) डैशाः (dash) निर्वर्तयितुं शक्यन्ते वृत्तं च पठ्यते ।

सम्प्रति वहुषु अभिग्राहिषु एतादृशः प्रबन्धो भवति यत् डौटाः डैशाः वा कर्गदे लिख्यन्तेऽथवा अक्षराणि स्वयमेव कर्गदे लिखितानि भवन्ति सम्पूर्णं वृत्तं च पठ्यते ।

२४.१४ इति चित्रे दूरवृत्तवहित्रालययोर्द्वयोः सम्बन्धः प्रदर्शितः। प्रत्येकस्मिन् स्थाने "य ल" इत्येका मोर्सकुञ्चिका एकाभिग्राहकश्च भवतः। प्रत्येकस्थाने "य ल" इति मोर्स-कुञ्चिकायाः एकं संयोजकं कुण्डलितकीलकं वैटर्याः ध्रुवेणैकेन द्वितीयञ्च कुण्डलितकीलकं पृथिव्याः सह संयुक्तं भवति। मोर्सकुञ्चिकायाः मध्यवर्ती "र" इति कुण्डलितकीलकं ततित-न्तुना संयुक्तं भवति। सम्पूर्णः प्रबन्धः २४.१४ इति चित्रेण सम्यक्तया अवबुध्यते।



२४-१४

क्रिया—प्रथमं दूरसंदेशवहित्रालये यर्हि मोर्सकुञ्चिकायाः "य" इति घुण्टिका सम्पी-ड्यते तर्हि तस्य सम्बन्धो वैटर्याः धनध्रुवेण भवति धारा च ततितन्तौ परिसृत्य अन्यवृत्त-वहित्रालयं प्राप्नोति ततश्च "य ल" इति मोर्सकुञ्चिकायाः मध्यवर्तिकुण्डलितकीलकतः परि-सृत्य अभिग्राहिषु भूयश्च पृथिव्यां परिसरन्ती पुनः प्रथमस्य दूरवृत्तवहित्रालयस्य वैटर्याः ऋणध्रुवं प्राप्य विद्युत्परिपथं पूरयति। इत्थं "यल"इति कुञ्चिकायाः सम्पीडनादेव द्वती-यस्य दूरवहित्रालयस्य मोर्साभिग्राहिणः आर्मेचरः अधोवर्तिना कुण्डलितकीलकेन संघृष्य "कट" इति ध्वनिं करोति। भूयो यदा "य ल" इत्यतः सम्पीडनम् अपसार्यते तर्हि विद्यु-त्परिपथं विच्छिद्यते मोर्साभिग्राहिणश्च आर्मेचर उत्प्लुत्य उपरिवर्तिना "अ" इति स्वर्ण-कुण्डलितकीलकेन संघृष्य पुनः "कट" इति ध्वनिं करोति। इत्थं कुञ्चिकाया अल्पमधिकं वा कालं यावत् सम्पीडनेन "कट कट" इति शब्दानां मध्यान्तरं अल्पमधिकं वा क्रियते तच्च विभिन्नप्रकारेण तान् मेलयित्वा अक्षराणि एकस्माद् संस्थानकाद् अन्यसंस्थानकं यावत् प्रेष्यन्ते।

यदि चेद् द्वितीयाद् दूरवृत्तवहित्रालयाद् प्रथमं वृत्तवहित्रालयं प्रति वृत्तप्रेषणमभीष्टं स्यात् तर्हि द्वितीयस्य वृत्तवहित्रालयस्य कुञ्चिकायाः सम्पीडनेन तथैव धारायाः प्रवाहः आर-भ्यते वृत्तं चाभीष्टस्थानं प्रति प्राप्यते। परन्तु, एकतत्याः तन्तुना एकस्मिन् समये वृत्तं केवलम् एकस्यामेव दिशि सम्प्रेष्यते। सम्प्रति तन्तुना वृत्तप्रेषणे एका समीचीना रीतिः प्रयुज्यते या डूपलेरीतिर् (Dupleixsystem) इत्यभिधीयते। रीत्यामस्यां युगपदेव वृत्तस्य प्रेषणं ग्रहणं च कर्तुं शक्यते।

८—गैलवनोमीटरः धारामापी वा (Galvanometers)

पूर्वमेवेदं वर्णितं यत् विद्युद्धारायाः प्रधान्येन त्रिविधः प्रभावो भवति–(१) चुम्बकीयः प्रभावः (२)तापीयः प्रभावः (३)रासायनिकश्च प्रभावः। त्रयाणामेषां कोऽपि प्रभावः विद्युद्धारायाः स्थितिं तस्याः सामर्थ्यञ्च परिज्ञातुं प्रयोज्यो भवति। परन्तु, शुद्धतायाः सरलतायाश्च कारणात् प्रायेण सर्वत्र चुम्बकीय एव प्रभावो प्रयुज्यते।

यानि यन्त्राणि विद्युद्धाराया उपस्थितिं तस्याश्च सामर्थ्यं मापितुं प्रयुज्यन्ते तानि गैलवनीमीटरः धारामापीति वा नाम्नाभिधीयन्ते यन्त्रमिन्दं द्विविधं भवतिः—

(१) स्थिरकुण्डलीयः चलचुम्बकीयः प्रकारकश्च (Fixed coil and moving magnet type)

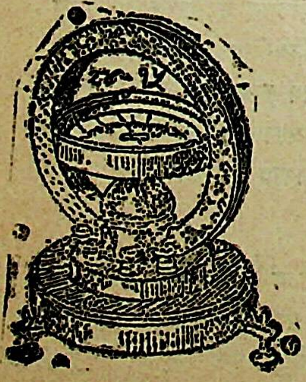
एतेषु यन्त्रेषु यथा नाम्नैव स्पष्टीभवति कुण्डली स्थिरा भवति तस्याश्च प्रभावेण चुम्बके विक्षेपो भवति।

(२) स्थिरचुम्बकीयः चलकुण्डलप्रकारकश्च (Eixed magnet and moving coil type

यन्त्रेष्वेतेषु चुम्बकः स्थिरः भवति तस्य ध्रुवयोर्मध्ये च धारायाः प्रवाहे कृते एकाकुण्डली घूर्णिता भवति।

९—स्पर्शज्यः धारामापी (Tangent Galanvometer)

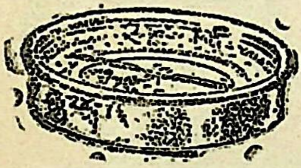
अयन्तु चलचुम्बकीयेषु धारामापिषु सर्वाधिकोपयोगी धारामापी अस्ति। अस्मिन् कस्यचिद् अचुम्बकीयस्य पदार्थस्य यथा काष्ठस्य पित्तलस्य वा एकस्मिन् ऊर्ध्वाधराखचिते पृथक्कृततात्रस्य तन्तोः एका वृत्ताकारा कुण्डलिका संयुक्ता भवति। कुण्डलिकायां प्रायेण ५०० वृत्तानि भवन्ति यत्र द्वयोः, पञ्चाशतानां पञ्चशतानां च वृत्तानां प्रयोगार्थं संयोजककुण्डलत[illegible]लकानि सन्निविष्टानि भवन्ति येषां साहाय्येन यथावश्यकं अल्पैरधिकैर्वा वृत्तैः



चित्रम् २४.१५

कार्यं कर्त्तुं शक्यते। वृत्ताकाराकुण्डलिका ऊर्ध्वाधराक्षस्याभितः घूर्णयितुं शक्यते। कुण्डलिकायाः केन्द्रे चुम्बकीयसूचिकैका ऊर्ध्वाधरे चूलके साधिता भवति सूचिकायाश्च लम्बरूप एकः अलमुनियमपदार्थस्य प्रलंबः सङ्केतकः संयुक्तो भवति यः सूचिकाया सह एकस्मिन् क्षैतिजवृत्ताकारे मापके भ्रमन् तिष्ठति चुम्बकीयसूचिकायाश्च विक्षेपं निर्दिशति। मापकोऽयं चतुर्थांशचतुष्टये विभाजितो भवति प्रत्येकस्मिन् च चतुर्थांशे ०° इत्यतः ९०° इति पर्यन्तं चिह्नानि भवन्ति। यर्हि चुम्बकीयसूचिका याम्योत्तरा भवति तर्हि सङ्केतकः शून्यांशे तिष्ठति। यर्हि चुम्बकीयसूचिकायां विक्षेपो भवति तर्हि सङ्केतकस्य उभे शीर्षे शून्यचिह्नात् अपसरतः तयोश्च स्थितिः वृत्ताकारे मापके पठित्वा सूचिकायाः विक्षेपो माप्यते क्षैतिजमापकस्य अधोभागे एकः समतलदर्पणः संयुक्तो

भवन्ति यस्मिन् सङ्केतकस्य प्रतिविम्बं दृश्यमानं तिष्ठति । यर्हि सङ्केतकस्य शीर्षयोः स्थितिः मापके पठ्यते तर्हि चक्षुः याथार्थ्येण सङ्केतकस्य उपरि आरोप्यते दशायामस्यां सङ्केतकस्य प्रतिविम्बं, सङ्केतकः नेत्रञ्च एकस्याम् ऊर्ध्वाधररेखायां तिष्ठन्ति । अतएव दर्पणसंयोजनेन लम्बनत्रुटिः न भवति ।



चित्रम् २४-१६

सङ्केन सह चुम्बकीयसूचिका क्षैतिजमापकश्च एकस्मिन् अचुम्बकीयये पिटके निहिताः भवन्ति यस्योपरि एकं शीशकावरणं संयुक्तं भवति यतः वाह्यवायुना सूचिकायाः स्थित्यां वाधा न भवति रजःकणादिभ्यश्च तस्य रक्षा भवति । पिटकमिदं कुण्डल्याः केन्द्रे एकस्मिन् आधारे संयुक्तं भवति यथावश्यकञ्च आधारात् पृथक्कर्तुं शक्यते ।

यर्हि धारामापके धाराप्रवाहो क्रियते तर्हि तस्य चुम्बकीयसूचिकायां विक्षेपो भवति । यदि चेद् विक्षेपो θ इति स्यात्, तर्हि

धारा अ = क स्पज्या θ, यत्र 'क' इत्येको नियताङ्को भवति यः धारामापकस्य परिवर्तनगुणक (reduction factor) इत्यभिधीयते ।

धारायाः मापनरीतिः

(१) सर्वप्रथमं समतलकुण्डलितकीलके परिभ्राम्य स्पिरिटतलदर्शिनः साहाय्येन धारामापकस्य आधारः क्षैतिजः क्रियते ।

(२) चुम्बकीयसूचिकायाः पिटकं केन्द्रोपरि आधारे इत्थं संयुज्यते यत् वृत्ताकारमापकः क्षैतिजः स्यात् । भूयः पिटकमित्थं भ्राम्यते यत् चुम्बकीयसूचिका याम्योत्तरे तिष्ठेत् तर्हि सङ्केतकस्य शीर्षे मापकस्य०°—०° इत्येतयोः चिह्नयोः तिष्ठेताम् ।

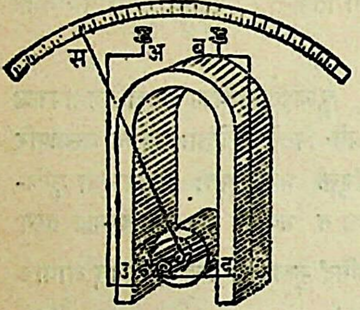
(३) कुण्डली एतावद्भ्राम्यते यत् तस्य तलं चुम्बकीये याम्योत्तरे तिष्ठति ।

(४) धारामापके धाराप्रवाहः क्रियते चुम्बकीयसूचिकायाश्च θ इति विक्षेपोऽवलोक्यते । 'क' इत्यस्या मानं ज्ञातं भवति । अतएव अ=क स्पज्या θ इत्यस्य साहाय्येन 'अ' इत्यस्य मानं उपलभ्यते ।

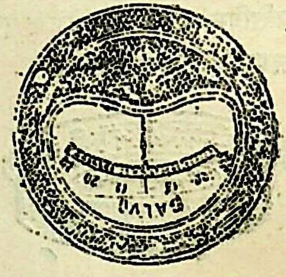
१०—चलकुण्डलधारामापी (Moving coil Galvanometer)

चुम्बकीयक्षेत्रे संस्थापितायां कस्याञ्चिद् कुण्डलिन्यां यर्हि विद्युद्धारा चाल्यते तर्हि कुण्डलिन्यां एकं वलयुग्मकं कार्यम् आरभते यतः सा घूर्णनं करोति । वलयुग्मकमिदं धारायाः प्रावल्यसमानुपाति भवति । सिद्धान्तस्यास्य प्रयोगेण ये धारामापकाः निर्मिताः ते चलकुण्डलधारामापिन इत्यभिधीयन्ते । कुण्डलिन्यां अलमुनियमस्यैकः लघुः सङ्केतकः संयुक्तो भवति यः एकमापकोपरि भ्रमति मापके सङ्केतकस्य विक्षेपो धारामापिनि चलन्त्याः

धाराया: समानुपाती भवति। चलकुण्डलधारामापिन: चलचुम्बकधारमापकेभ्योऽधिक-सुग्राहका: भवन्ति अत्यधिकं च ते प्रयुज्यन्ते।



२४-१७



२४-१८

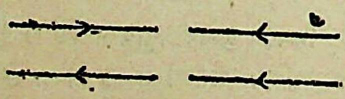
११—विद्युद्धाराया: धारोपरि प्रभाव: —

यहि कस्मिंश्चिद् चालके धारा प्रवाह्यते तर्हि तस्याभित: विद्युद्धाराया: चुम्बकीयं क्षेत्रं भवति। अतएव ईदृशं तन्तुद्वयं, यत्र धारा प्रहवन्ती स्यात्, समीपमानीयते तर्हि तत्र धाराया: दिगनुसारेण आकर्षणं प्रतिकर्षणं वा भवति।

अस्य आकर्षणस्य प्रतिकर्षणस्य वा ज्ञानार्थं नियमद्वयम् अस्ति।

१—समान्तराधाराणां नियम:

एकस्या एव दिश: चलन्त्यो: द्वयो समान्तरधारयोर् आकर्षणं विपरीतयोश्च दिशो: चलन्त्यो: समान्तरधारयो: प्रतिकर्षणं भवति। (अ) इति चित्रस्य धारयोर् आकर्षणं (ब) इति चित्रस्य च धारयो: प्रतिकर्षणं भविष्यति।



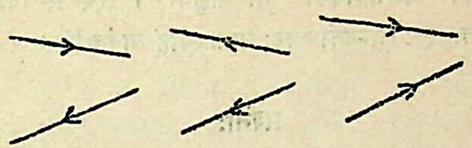
(अ) आकर्षणम् (ब, प्रतिकर्षणम्

चित्रम् २४-१९

(२) तिर्यञ्चीनानां धाराणां नियम:

यदि चेद् द्वे तिरश्चीने धारे स्वदिशो: छेदविन्दुत: आगच्छन्त्यौ तदभिमुखं गच्छन्त्यौ वा प्रतीयेताम् तर्हि तयोर् आकर्षणं स्यात्, परन्तु यदि एका धारा तद्विन्दुं प्रति गच्छन्ती आगच्छन्ती वा प्रतीयेत तर्हि तयोर्द्वयो: प्रतिकर्षणं भविष्यति। (स) इति चित्रस्य

(द) इति चित्रस्य च धारयोर्मध्ये आकर्षणं (य) इति चित्रस्य च धारयोः प्रतिकर्षणं भविष्यति ।

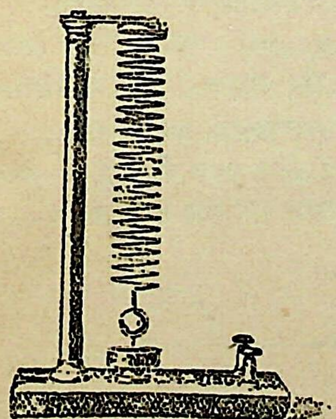


(स) आकर्षणम्   (द)   (य) प्रतिकर्षणम्

२४-२०

(१२) रौजटस्य कम्पितः सर्पिलः

एकस्यामेव दिशि प्रवहन्त्योः धारयोर् आकर्षणं रोजटस्य कम्पितेन सर्पिलेन दर्शयितुं शक्यते । २४.२१ इति चित्रेऽयं प्रदर्शितोऽस्ति । अस्मिन् तनुतन्तोर् एकस्याम् उत्प्लवनिकाया अधोवर्तिनि शीर्षे एको लघुभार लम्ब्यते यतः उत्प्लवनिका किञ्चिदाकृष्टा भवति भारस्य चाधोभागे स्वल्पः तन्तुः निस्सृतः तिष्ठति । तन्तोरस्य अधश्शीर्षं एकस्मिन् पारदशरावे निमग्नं भवति । पारदशरावस्य उत्प्लवनिकायाश्च ऊर्ध्ववर्तिनः शीर्षस्य सम्बन्धः आधारतः परिसृत्य संयोजककुण्डलितकीलकद्वयेन भवति । यर्हि संयोजककीलकयोस्सम्बन्धः एकया बैटर्या सह क्रियेत तर्हि उत्प्लवनिकायां विद्युद्धाराचलनम् आरभ्यते । उत्प्लवनिकायाः अधोवर्तिनि शिरसि लम्बितः भारः ऊर्ध्वाधः नृत्यति ।



चित्रम् २४-२१



२४.२२

नर्तनकारणमिदं यत् विद्युद्धारायाः दिग् उत्प्लवनिकायाः प्रत्येकावृत्त्याम् एकैव भवति (चित्रम् २४.२२) अतएव तासु परस्परम् आकर्षणम् आरभते यतः उत्प्लवनिका संकुचति पारदे च निमग्नं तन्तुशीर्षं पारदात् बहिः निस्सरति । शीर्षस्य बहिः

निस्सरणाद् एव विद्युत्परिपथं विच्छिद्यते अत उत्प्लवनिकाया आवर्ते आकर्षणं न तिष्ठति यतः तन्तुशीर्षं लम्बमानेन भारेण आकृष्यते भूयश्च तन्तुशीर्षं पारदे निमज्जति। विद्युत्परिपथस्य पूर्तिकालसममेव उत्प्लवनिका पुनः संकुचति। इत्थं उत्प्लवनिकायाः सङ्कोच-प्रसारौ निरन्तरं चलतः यतः लम्बितो भारः धाराप्रवाहं यावत् निरन्तरं नृत्यति।

प्रश्नाः

१—ऐम्पियरस्य वामहस्तनियमः कोऽस्ति ? तस्य साहाय्येन साधनीयं यत् कस्याश्चिद् चुम्बकीयसूचिकाया अभितः धाराप्रवाहमुक्तस्य तन्तोः आवर्तारोपणेन चुम्बकीयः प्रभावः वर्द्धते।

२—यदि चेद् एकस्या वृत्ताकारकुण्डलिन्यां धारा चलन्ती स्यात् तर्हि वलरेखाः कीदृश्यः स्युः ? कुण्डलिन्याः केन्द्रे वलस्य दिग्ज्ञानस्य कः नियमः ?

३—विद्युत्घण्टिकायाः चित्रांकनं कृत्वा तस्याः कार्यपद्धतिर्व्याख्येया।

४—चित्रांकनं कृत्वा दूरवृत्तवहित्रे प्रेषणस्थानस्य ग्रहणस्थानस्य चोभयोः प्रबन्धः सूच्यः निर्दिश्यताम् च कथं दूरवृत्तवहित्रद्वारा वृत्तं प्रेष्यते।

५—स्पर्शज्याधारामापिनः वर्णनं क्रियताम्। तस्य कार्यपद्धतिः व्याख्येया।

६—चलकुण्डधारामापिनः सिद्धान्तः कः ? तस्य कार्यपद्धतिः व्याख्येया।

—०—

अध्याय : २५

ओमीयः नियमः प्रतिरोधश्च (Ohms Law and Resistence)

१—प्रतिरोधः —

यदि चेद् ईदृशे द्वे जलपात्रे गृह्येताम्, ययोः तलयोर् अन्तरं स्यात्, एकनलिकाद्वारा च ते संयुक्ते स्याताम् तर्हि उच्चतलीयपात्राद् अधस्तलीयं पात्रं उच्चैः निधाय अथवा तस्मिन् अधिकं जलम् आपूर्य तलयोरुभयोरौन्नत्ये अधिकं अन्तरं क्रियेत तर्हि नलिकायां प्रवहन्ती जलधारा सामर्थ्याधिक्येन चलिष्यति। सामान्यतश्च नलिकायां प्रवहन्त्याः जलधारायाः सामर्थ्यं नलिकयोरुभयोः तलयोरन्तरस्य समानुपाति स्यात्। इत्थमेव यदि ईदृशौ विन्दू, ययोः विद्युत्तले विभिन्ने स्याताम् अर्थात् ययोः विभवान्तरं स्यात्, केनचित् तन्तुना संयुज्येते तर्हि तन्तौ प्रवहणशीला विद्युद्धारायाः सामर्थ्यं तन्तुशीर्षयोः सन्निष्ठविभवान्तरस्य समानुपाति भवति। नियमोऽयं सर्वप्रथमं ओममहोदयेन साक्षात्कृतः। अतएव अयं ओमीयनियम इत्यभिधीयते।

यदि चेद् कस्यचिद् तन्तौ शीषयोरुभयोः "व" इति विभवान्तरं स्यात् तन्तौ च 'अ' इति धारा प्रवहणशीला स्यात् तर्हि ओमीयनियमेन

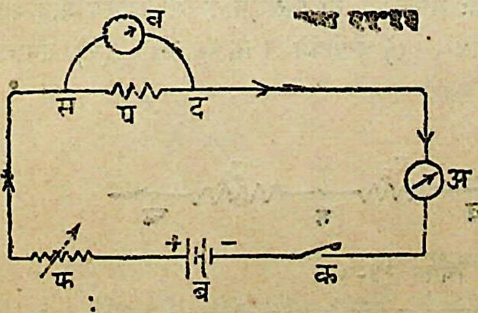
$$\frac{\text{'व' इति विभवान्तरम्}}{\text{'अ' इति धारा}} = \text{'प' इति प्रतिरोधः}$$

$$\text{अतएव}\quad \frac{\text{विभवान्तरस्य ऐकिकी}}{\text{धारासामर्थ्यस्य ऐकिकी}} = \text{प्रतिरोधस्य ऐकिकी}$$

विभवान्तरस्य प्रयोगात्मिका ऐकिकी वोल्ट (Volt) इति धारासामर्थ्यस्य च प्रयोगात्मिका एकिकी ऐम्पीयर (ampere) इति भवतः। एयतोरुभयोः साहाय्येन प्रतिरोधस्य प्रयोगात्मिका ऐकिकी, ओमवा इति निश्चेतुं शक्यते।

एकवोल्टीयस्य विभवान्तरस्य सन्निवेशात् यदि तस्मिन् तन्तौ एकैम्पीयरीया धारा प्रवहेत् तर्हि तस्य तन्तोः प्रतिरोधः एक ओम इति भवति।

२—प्रयोगाद्वारा ओमीयनियमस्य सत्यापनम्—



चित्रम् २५-१

ओमीयस्य नियमस्य सत्यापनार्थं 'स द' इत्येकः इदृशः तन्तुः गृह्यते यस्य प्रतिरोधोऽधिकः स्यात्। यूरेका (eureka), कोन्सटेन्टेनः मेनगनिनश्चेति ईदृशः धातवः। 'स द' इति तन्तुना श्रेणीक्रमेण 'अ' इत्येक ऐमीटरः 'क' इति प्लगकुञ्चिका 'ब' इति बैटरी 'फ' इति परि-

वर्त्ती प्रतिरोधश्च संयुज्यन्ते 'स द' इति तन्तोश्च शीर्षयोरुभयोः समान्तरक्रमे 'व' इत्येकः बोल्टमीटरः संयुज्यते। अवधानीयमिदं यत् ऐमीटरस्य बोल्टमीटरस्य च धनशीर्षे वैट्याः घनध्रुवाभिमुखीने स्याताम्। प्लगकुञ्चिकायाः संयोजनादेव विद्युद्धारायाः प्रवाह आरभ्यते यस्य सामर्थ्यम् ऐमीटरेण ज्ञायते तन्तोश्च शीर्षयोर्मध्यवर्ति विभवान्तरं वोल्टमीटरेण ज्ञायते। विभवान्तरस्य धारासामर्थ्येन विभजनात् प्रतिरोधो ज्ञायते। 'फ' इति परिवर्तिनं प्रतिरोधं परिवर्त्य विद्युद्धारायाः सामर्थ्यं परिवर्तयितुं शक्यते तथा ऐमीटरस्य वोल्टमीटरस्य च प्रेक्षणानि अनेकानि कर्त्तुं शक्यन्ते। परन्तु प्रत्येकविद्युद्धारायाः कृते $\frac{\text{विभवान्तरम्}}{\text{धारा}}$ इत्यस्य मानं एकसदृशमेव भवति। अयमेव तन्तौ प्रतिरोधो भवति। प्रयोगप्रेक्षणस्य लेखनपद्धतिः निम्नाङ्किताः —

क्रमसंख्या	'अ' इति ऐमीटरप्रेक्षणम्	'व' इति वोल्टमीटरप्रेक्षणम्	$\frac{\text{व}}{\text{अ}}$='प' इति प्रतिरोधः
१	·१ ऐम्पियरः	·२५ वोल्ट	२·५ ओमः
२	·२ "	·५० "	२.५ "
३	·३ "	·७५ "	२.५ "
४	·४ "	१·०० "	२.५ "

मध्यमानम् = २·५ ओमः

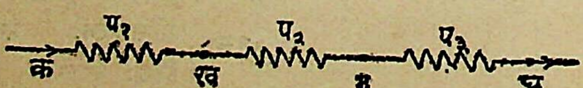
अतएव तन्तोः प्रतिरोधः २·५ ओम इत्यस्ति।

अवधानानि—(१) वोल्टमीटरः सदैव प्रतिरोधतन्तुना समान्तरक्रमे एमीटरश्च विद्युत्परिपथेन श्रेणीक्रमे संयोजनीयौ।

(२) वोल्टमीटरस्य ऐमीटरस्य च धनशीर्षे वैट्याः धनध्रुवं प्रति ऋणशीर्षे च वैट्याः ऋणध्रुवं प्रति संयोजनीये।

३—प्रतिरोधाणां संयोजनम्—

अनेकेषु प्रयोजनात्मककार्येषु द्वयोः अधिकानां वा प्रतिरोधानां संयोजनस्य आवश्यकता भवति तेषां संयोजनस्य रीतिद्वयं भवति—(१) श्रेणीक्रमे (in series) (२) समान्तरक्रमे च (in parallel)



चित्रम् २५-२

कदाचिद् श्रेणीक्रमस्य समान्तरक्रमस्य च मिश्रणाद् एकः मिश्रितक्रमोऽपि प्रयुज्यते।

(१) श्रेणीक्रमे यावन्तः प्रतिरोधाः संयोजनीयाः स्युः तेषां सर्वेषां शीर्षाणि एकस्यां तत्यां

संयुज्यन्ते तत्याश्च शीर्षयोरुभयोः सम्बन्धः वैटर्या सह क्रियते । चित्रे कख, खग, गघ इति च त्रयः प्रतिरोधाः श्रेणीक्रमे संयुक्ताः सन्ति । यदा तेषां सम्बन्धो वैटर्या सह क्रियते तर्हि तेषु धारायाः प्रवाह आरम्यते ।

कल्पनीयं यत् $प_१$, $प_२$, $प_३$ इति च त्रयः प्रतिरोधाः श्रेणीक्रमे संयुक्ताः सन्ति तेषां संयुक्तप्रतिरोधश्च 'प' इत्यस्ति ।

तर्हि $प = प_१ + प_२ + प_३$

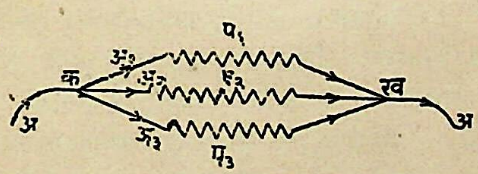
अर्थात् श्रेणीक्रमे संयुक्तानाम् अनेकप्रतिरोधाणां तुल्यप्रतिरोधः संयुक्तानां प्रतिरोधाणां योगतुल्यो भवति ।

उदाहरणम्—त्रयः वल्बाः, येषां प्रतिरोधः क्रमशः १२०, ६० तथा ४० ओमाः इति सन्ति श्रेणीक्रमे २२० वोल्टस्य विभवान्तरे संयुक्ताः सन्ति तर्हि विद्युत्परिपथे धारा-सामर्थ्यं उपलभ्यम् ।

∴ तुल्यः प्रतिरोधः 'प' $= १२० + ६० + ४० = २२०$ ओमाः

धारा $अ = \frac{व}{प} = \frac{२२०}{२२०} = १$ ऐम्पियरः

(२) समान्तरक्रमे—यहि द्वौ अधिकाः वा प्रतिरोधाः इत्थं संयुज्यन्ते यत् तेषां सर्वेषां शीर्ष-मेकं बिन्दुनैकेन द्वितीयञ्च शीर्षं द्वितीयेनैकेन बिन्दुना संयुक्तं स्यात् तर्हि क्रमोऽयं समान्तरक्रम इत्यभिधीयते (चित्रम् २५.३) ।



२५-३

क्रमेऽस्मिन् मुख्यधारायाः अनेकाः शाखाः भवन्ति । प्रत्येकप्रतिरोधे च एका शाखा सङ्क्रामति । इमाः सर्वाः शाखाः भूयः द्वितीयं शीर्षं प्राप्य मिलन्ति धारा च तेनैव सामर्थ्येन प्रवहति ।

यदि चेद् $प_१$, $प_२$, $प_३$ इति प्रतिरोधाः समान्तरक्रमे संयुक्ताः स्युः तेषां तुल्यप्रति-रोधश्च 'प' इति स्यात् तर्हि

$$\frac{१}{प} = \frac{१}{प_१} + \frac{१}{प_२} + \frac{१}{प_३}$$

अर्थात् समान्तरक्रमे संयुक्तानां प्रतिरोधाणां तुल्यप्रतिरोधस्य व्युत्क्रमः (reciprocal) तेषां पृथक्प्रतिरोधाणां व्युत्क्रमाणां योगतुल्यो भवति ।

उदाहरणम्—३०, २०, तथा ६० ओमीयाः त्रयः प्रतिरोधाः समान्तरक्रमे संयुक्ताः सन्ति ।

तर्हि तेषां तुल्यप्रतिरोधः कः स्यात् ?

$$\frac{१}{प} = \frac{१}{प_१} + \frac{१}{प_२} + \frac{१}{प_३}$$

$$= \frac{१}{३०} + \frac{१}{२०} + \frac{१}{६०} = \frac{१}{१०}$$

$\therefore$ प=१० ओमाः

प्रश्नाः

१—ओमीयः नियमः कोऽस्ति ? तस्य सत्यापनं कथं क्रियते ?

२—ओमीयनियमेन ओमस्य परिभाषा करणीया ।

३—यदि २ वोल्टीयस्य सैलस्य संयोजनात् एकस्मिन् तन्तौ ·५ ऐम्पियरस्य धारा प्रवाहिता स्यात् तर्हि तन्तोः प्रतिरोधो ज्ञातव्यः । (उ० ४ ओमाः)

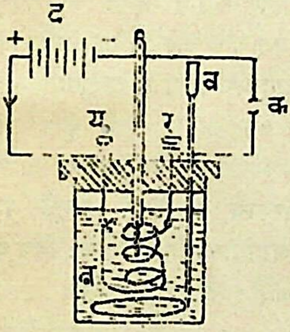
४—प्रतिरोधाः श्रेणीक्रमे च कथं संयुज्यन्ते ? प्रत्येकदशायां संयुक्तप्रतिरोधस्य गणना कर्त्तव्या ।

५—यदि चेद् १०, १२ तथा १५ ओमीयाः प्रतिरोधाः श्रेणीक्रमे समान्तरक्रमे च संयुक्ताः स्युः तर्हि संयुक्तप्रतिरोधः कः स्यात् ? (उ० ३७ ओमाः, ४ ओमाः) ।

अध्याय २६

विद्युद्धारायाः तापीयः प्रभाव

१—प्रयोग :



चित्रम् २६-१

विद्युद्धाराद्वारा ऊष्मण उत्पत्ति दर्शयितुं विशिष्टप्रकारक एक ऊष्मामापी गृह्यते यस्य मुखे काष्ठस्य एवोनाइटस्य वा अवरोधकः सन्निविष्टः भवति, यस्य सुषिराभ्यां एकः तापमापी "व" इत्येको विलोडकश्च ऊष्मामापिनि निक्षिप्येते। अवरोधके द्वे संयोजककीलके भवतः, ययोः सम्बन्धः ताम्रस्य द्वाभ्यां स्थूलतन्तुभ्यां भवति। अनयोस्तन्त्वोः शीर्षयोर्मध्ये यूरेकायाः नाइक्रोमस्य वा तन्तोरेका कुण्डलिनी संयुज्यते यस्य प्रतिरोधः प्रायेण १० ओम इत्यनेन तुल्यो भवति। इदमवधानीयं यत् कुण्डलिन्याः आवर्ताः अन्योन्यं मा स्पृशेयुः। संयोजकयोः कीलकयोः सम्बन्धः प्रायेण १० वोल्टीयया एकया बैटर्या सह क्रियते। 'क' इत्येका प्लग-कुञ्चिका इच्छानुसारेण विद्युत्परिपथस्य संयोजनार्थं वियोजनार्थं वा सन्निवेश्यते। तापमापिनः साहाय्येन जलस्य प्रारम्भिकः तापः दृश्यते प्लगकुञ्चिका च सन्निवेश्यते। पञ्च षट् वा मिनटानन्तरं तापमापको पठ्यते चेद् तर्हि तापो वर्द्धते। अनेन सिध्यति यत् अधिकप्रतिरोधकीये तन्तौ विद्युद्धारायाः चालनात् ऊष्मा उत्पद्यते।

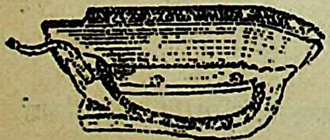
२—दैनिककार्येषु तापीयप्रभावस्योपयोगः

तथ्यमिदं सर्वे जानन्ति यद् यर्हि विद्युद्धारा एकबल्वतः परिसरति तर्हि स प्रकाशं करोति तत्समकालमेव स ऊष्णोऽपि भवति। विद्युच्चुल्लिकासु विद्युत्तापकेषु च (heaters) यर्हि धारा प्रवाह्यते तर्हि तेषां प्रतिरोधतन्तवः ऊष्णाः रक्ताश्च भवन्ति तेषु च किमपि वस्तु तापयितुं शक्यते। शीतकाले प्रकोष्ठाणाम् तापनार्थं विकीर्णकाः (rediators) प्रयुज्यन्ते। वस्त्रेषु लौहसारणेऽपि विद्युद्धारायाः उपयोगः क्रियते। विद्युत्तापकानां वैशिष्ट्यमिदं यद् इच्छानुसारेण अल्पस्य अधिकस्य वा तापस्योत्पादनं कर्त्तुं शक्यते, कतिपयान् उपायाञ्च प्रयुज्य अस्माभिः तापः १°c इत्यंशस्याभ्यन्तरे स्थिरीकर्त्तुं शक्यते। बीजाङ्कुरणादिषु प्रयोगं कर्त्तुम् ईदृशानि पिटकानि अपेक्ष्यन्ते येषां तापो अनेकमासपर्यन्तं न परिवर्तते। ईदृशानि पिटकानि विद्युद्द्वारा ऊष्णीक्रियन्ते तेषां तापश्च १°c इत्यतोऽधिको न भवति। अण्डेभ्यः शावकानां निस्सारणार्थं अण्डानि विशिष्टप्रकारकेषु

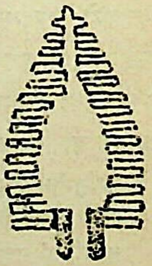
पिटकेषु (incubators) निधीयन्ते । पिटकानीमानि विद्युद्द्वारा एकनिश्चितनापं यावत् उत्ताप्यन्ते । यतः अण्डेभ्यः केवलं दिनद्वये त्रय एव वा शावकाः निस्सरन्ति ।

वायुयानानां चालकाः यर्हि अधिकोच्चैर् उड्डयनं कुर्वन्ति तर्हि ते शीतम् अनुभवन्ति । तेषां कोटनामकपरिधानस्य अभ्यन्तरे प्रतिरोधतन्तुं सन्निवेश्य तस्मिन् धारा प्रवाह्यते तस्याश्च नियन्त्रणमित्थं क्रियते यत् तत्कोटपरिधानं प्रायेण मानवीयशरीरतापेन तुल्यतापं सततम् आवहति ।

दैनिककार्येषु प्रयुज्यमानानि यावन्ति ऊष्मोत्पादकानि वस्तूनि सन्ति तेषु सर्वेषु ऊष्मोत्पादनस्य केवल एक एव सिद्धान्तो प्रयुज्यते सोऽयं यत् यर्हि कस्मिंश्चिद् प्रतिरोध-तन्तौ धारा प्रवाह्यते तर्हि तस्मिन् ऊष्मोत्पत्तिर्भवति । विद्युत्कण्डिकायां अतितनुधातुतन्तुषु विद्युत्प्रवाहः क्रियते, तापकेषु नाइक्रोमस्य (nichrome) तन्तोर् एकां कुण्डलिनीं निर्माय तस्यां धारा प्रवाह्यते (नाइक्रोमः निकिलस्य क्रोमियमस्य च मिश्रणेन निर्मित एको धातुरस्ति)। वस्त्रोपरि लौहसारणीये यन्त्रे अभ्रकस्य एकस्मिन् विस्तृते पत्रे प्रतिरोधतन्तुरावेष्टितो भवति (चित्रम् २६-३), यस्य शीर्षयोरुभयोः सम्बन्धः विद्युद्-धारया सह क्रियते । धाराप्रवहणात् तन्तुः तप्तः रक्तश्च भवति लौहञ्च तापयति । उत्तप्तं तन्तुं लौहाच्छादकात् पृथक्कर्तुं अभ्रकपत्राणि प्रयुज्यन्ते । अभ्रक ऊष्मणः सुचालकः किन्तु विद्युतः कुचालकोऽस्ति । अतएव स एतत्कार्यार्थं अतीवोपयुक्तोऽस्ति ।



चित्रम् २६-२



चित्रम् २६-३

(अ) विद्युत्कण्डिका, बल्ब इत्याङ्लभाषायाम् । कण्डिकेयं प्रायेण त्रिविधा भवति :—

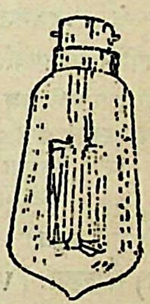
(१) कार्बनतन्तुकण्डिका (२) टंग्सटनतन्तुयुक्ता निर्वातकण्डिका तथाच, (३) वातिकापूरिता कण्डिका ।

कार्बनतन्तुयुक्ता कण्डिका सर्वप्रथमम् आविष्कृता । यर्हि कार्बनस्य अतिक्षीणे तन्तौ विद्युद्धारा प्रवाह्यते तर्हि स तावन्मात्रम् उत्तप्तं भवति यत् तेन प्रकाशमुत्पाद्यते । प्राचीनेषु कार्बनबल्बेषु वंशीयकार्बनस्य तन्तुः निस्सारितवातके सीसकबल्बे प्लैटिनमधातोः तन्तुद्वयेन संयुज्य सन्निविष्टोऽभवत् । प्लैटिनमस्य तन्तू सीसकतः परिलुत्य बहिः निरगच्छ-

ताम् यतः बल्वे धारा प्रवाहिताभूत् ।

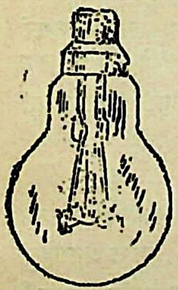
एतेषु बल्वेषु अनेकदोषा आसन्। तेषां प्रकाशः साम्प्रतिकबल्वानां प्रकाशवत् उज्ज्वलो नासीत अपितु पीत आसीत् । प्रचुरोत्तप्तभूते कार्बने ऊर्ध्वपातनम् (Sublimation) आरभत तस्मिंश्च विद्युतः प्रचुरः व्ययोऽभूत् ।

टंग्टसनतन्तुके निर्वातबल्वे शुद्धस्य टंग्सटनस्य टैंटेलमस्य वा अतिक्षीणतन्तुः, यस्य गलनाङ्क ३३७०°C इत्यंशप्रायो भवति, ईदृशस्य बल्वस्याभ्यन्तरे सन्निविष्टो भवति यस्मिन् वायुर् अन्यो वा कश्चिद् वातिकः न तिष्ठति । अस्मिन् बल्वे तन्तोर् आवर्त्ताः ऊर्ध्वादधः अधस्तलाच्च ऊर्ध्वं प्रति गच्छन्ति (चित्रम् २६.४) । टंग्सटनः शनैश्शनैः वाष्पीभूय विलीयते तापाधिक्ये च बल्वं कृष्णीकरोति । अतएव ईदृशाः बल्वाः अल्पतापे दीपनात् समीचीनं कार्यं कुर्वन्ति ।



प्रयोगेण दृष्टं यत् यदा कण्डिकासु कोऽपि वाष्पकः यथा आर्गनः (argan) नाइट्रोजनोऽथवा अनयोरुभयोर् मिश्रणं पूर्यते तर्हि वाष्पनिर्मितिः प्राचुर्येण अवरुध्यते यतः बल्वोऽधिकदिनं यावत् प्रयुज्यते टंग्सटनतन्तुश्च अधिकतापं यावत् तापितुं शक्यते । अतएव वाष्पक- चित्रम् २६.४

पूरितत्वात निर्वातापेक्षया अल्पविद्युद्व्ययो भवति तीव्रश्च प्रकाश उपलभ्यते । एतादृशेषु बल्वेषु तन्तुः एकवृत्ताकारकुण्डलीरूपेण निवेश्यते, यतः तन्तुस्पर्शे अत्यल्पवाष्पको जायेत् संवहनद्वारा च कण्डिकातन्तुः शीतलो न भवेत् । वाष्पकपूर्णेन बल्वेन निर्वातबल्वापेक्षया प्रायेण विद्युतोऽर्धं व्ययीक्रियते । अतः तादृशाः बल्वाः अर्धवाट्बल्व (half watt lamp) इति नाम्नाभिधीयन्ते । ऐषां प्रकाशः सुष्ठुतरः भवति ज्वलनव्ययोऽपि अल्पो भवति । एषां तापः२३००°



चित्रम् २६.५

श (C) इत्यंशं यावत् वर्द्धयितुं शक्यते एतादृशेषु बल्वेषु टंग्सटनीयः तन्तुः भवति । प्रायेण च तेषु बल्वेषु नाइट्रोजनवाष्पकः पूरितो भवति । येषु बल्वेपु आर्गनः पूरितो भवति तेषां प्रकाशः किञ्चिन्नीलत्वयुक्तो भवति यश्चक्षुषे रोचते ।

सर्वप्रकारकेषु दीपकेषु विद्युतोऽत्यल्पांशः, केवलं ५, ३ वा प्रतिशतांशः प्रकाशरूपेण परिवर्त्यते अवशिष्टश्चांशः तापरूपेण व्यर्थो भवति । बल्वस्य तापो यावान् अधिको भवति तावानेव अधिको भागः प्रकाशरूपेण परिणमति । निर्वातबल्वेषु कोऽपि वाष्पको न भवति अतएव तन्तुः चालनेन संवहनद्वारा वा न शीतलीक्रियते । अतएव तन्तु ऊर्ध्वाधरं ऋजुरेखासु निवेश्यते । किन्तु वाष्पपूर्णासु कण्डिकासु तन्तुः एकवृत्ताकारकुण्डलीरूपेण निवेश्यते येन तत्स्पर्शे न्यूनातिन्यूनः वाष्पकस्तिष्ठेद् ।

प्रत्येकासु विद्युत्कण्डिकासु तस्या शक्तिः वाटरूपेण (Watts) अङ्किता भवति ।

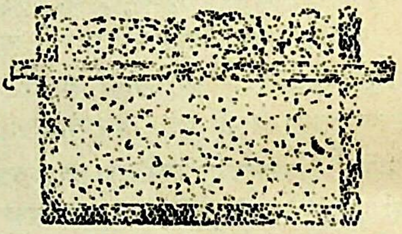
पठनलेखनादिकार्यार्थं २५ वाटीयः लैम्प समीचीनो भवति ।

वाटः = वोल्टः × ऐम्पियरः

सम्प्रति १७ वाटारदाभ्य ५०, ००० वाटपर्यन्तस्य टंग्सटनतन्तोः दीपकाः निर्मीयन्ते ।

(ब) विद्युद्भ्राष्टम् (Electric Furnaces)

सम्प्रति धातोः उत्पादकेषु भ्राष्ट्रेषु प्रायेण विद्युदुपयोगः क्रियते । कारणञ्चेदं यत् एतेषु भाष्ट्रेषु यथेष्टोऽधिकः तापः सीमितस्थाने उत्पादयितुं शक्यते धातवश्च तत्र विद्रावयितुं शक्यन्ते । ज्वलनशीलैर् अन्यवस्तुभिः तादृशस्तापो न सम्भाव्यते । यत्र अल्पव्ययेन जलाद् विद्युद् प्राप्यते तत्र ईदृशानि भ्राष्ट्रानि अल्पव्ययेन उपलभ्यन्ते ।



चित्रम् २६.६

एतेषु भ्राष्ट्रेषु घनात्मके द्रवात्मके वा प्रतिरोधे विद्युच्चालनं कृत्वा ऊष्मा उत्पाद्यते ।

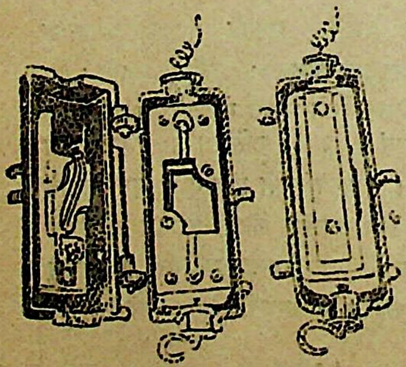
२६.६ इति चित्रे प्रदर्शिते भ्राष्ट्रे कार्बनमयेषु स्थूलदण्डकेषु विद्युच्चालनं कृत्वा अत्यधिकस्ताप उत्पाद्यते ।

(स) वैल्डिगः (Welding)

अन्यधातोः सांहाय्यं विनैव कस्यचिद् धातोः खण्डद्वयं विद्राव्य तत्संयोजनक्रिया वैल्डिग इति नाम्नाभिधीयते । सामान्यतः लौहकारः लौहस्य खण्डद्वयम् उत्ताप्य संयुज्य च लौहघातकेन आहत्य वैल्डिगक्रियां सम्पादयति । परन्तु, विद्युत्साहाय्येन इदमेव कार्यं सुष्ठुतरं भवति । ययोः धातुखण्डयोः संयोजनम् अभीष्टं भवति तयोः शीर्षे: परम्परं मेलयित्वा तत्र अतिप्रबला विद्युद्धारा चाल्यते । स्पर्शविन्दुस्थाने धारा अत्यधिकं प्रतिरोधं संवहति यत एतावन्मात्रं तापवृद्धिर् भवति यत् शीर्षद्वयं द्रवित्वा संयुज्यते ।

(स) विद्युत्फ्यूजः (Electric Fuse)

फ्यूजः स्वल्पद्रवणाङ्कीयस्य कस्यचिद्धातोरेकः तन्तुः भवति यतः अधिकाधिकस्यैकस्य निश्चितसामर्थ्यस्य (२ ऐम्पियस्य, ५ ऐम्पियरस्य, १० ऐम्पियस्य वा) धारा प्रवाहितुं शक्यते । यदि चेद् धारायाः सामर्थ्यं तन्निश्चितसीमातोऽतिक्राम्यति तर्हि त्वरितमेव फ्यूजतन्तुः दग्धोः भवति विद्युत्प्रहश्चावरुध्यते । इत्थं फ्यूजतन्तुः धारासामर्थ्यं नियच्छति । प्रायेणेमे तन्तव रङ्गनिर्मिताः ताम्रनिर्मिताः वा भवन्ति । चीनीमृत्तिकाया आवरकेषु च ते सन्निविष्टाः भवन्ति चित्रम् (२६.७) यतः सारल्येन तेषां परीक्षणं कर्तुं शक्यते प्रसङ्गोपात्तेच तेषां सन्निवेशोऽपि क्रियते ।

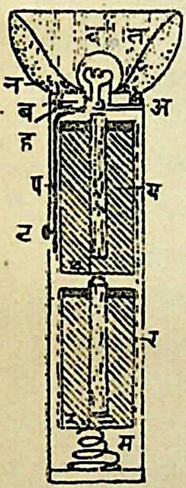


चित्रम् २६.७

कदाचिद् गृहस्य विद्युद् अकस्मात् तिरोहति। कस्यचिद् फ्यूजस्य उत्पतनमेव अस्य हेतुः। फ्यूजसन्निवेशार्थं मुख्यस्विचात् धारा अवरुध्यते। तदनु प्रत्येकफ्यूजस्य आवरकान् निस्सार्य फ्यूजतन्तुर् अवलोक्यते। यस्मिन् आवरके तन्तुः दग्धो विच्छिन्नो वा भवति तत्र तादृशम् एव अन्यतन्तुम् सन्निवेश्य आवरकः तत्स्थान आरोप्यते एवं कृते विद्युत् पुनरागच्छति।

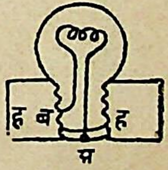
३—विद्युद् टार्चः (Torch)

अयमेकं ईदृशः प्रवन्धः यत्र द्वौ ततोऽधिकाः वा शुष्ककोषा एकेन लघुवल्वेन स्विचेनैकेन च सह श्रेणीक्रमे संयुक्ताः भवन्ति। "य" इति कोषस्य जस्तीयं तलं "र" इति कोषस्य कार्वनध्रुवं स्पृशति। 'र' इति सैलस्य जस्तीयं तलं 'स' इति धातवीयस्प्रिगद्वारा टार्चपिटकेन संयुक्तं भवति। टार्चपिटके 'ट' इत्येकः वटनः संन्निविष्टो भवति यस्य सम्बन्धः 'प' इति पत्रिकया भवति। यर्हि 'ट' इति वटनः उपरि सार्यते तर्हि 'प' इति पत्रिकायाः ऊर्ध्वशीर्षं बल्वस्य 'ह' इति होल्डरं स्पृशति। यर्हि 'ट' इति बटनः अधः सार्यते तर्हि 'ह' इत्यतः 'प' इति पत्रिका वियुज्यते।



(चित्रम् २६.८ अ)

(व)



(चित्रम् २६.८ ब)

वल्वीयफिलामेण्टस्य "ब" इति शीर्षं "ह" इति होल्डरेण "अ" इति शीर्षञ्च उपरिर्वातिनः कोषस्य धनध्रुवेण संयुक्तं भवति। 'ह' इति होल्डरस्य टार्चस्य च मध्ये 'न' इति स्थाने लाक्षा अथवा कश्चिद् विद्युद्रोधी पदार्थः पूरितो भवति। कोषाणामुपरि वेष्टितः कर्गदोऽपि एकस्य विद्युद्राधिनः कार्यं सम्पादयति यतः शुष्ककोषाणां जस्तमया आधाराः टार्चपिटकाद् पृथक् भवन्ति।

यावदेव 'ट' इति वटनः उपरि सार्यते 'प' इति पत्रिका 'ह' इति होल्डरं स्पृशति 'अ ब' इति फिलामेण्टस्य च उभे शीर्षे श्रेणीक्रमे कोषैः संयुज्यन्ते बल्बेन च प्रकाशः क्रियते। वटनस्य अधः प्रति सारणात् 'ह' इति होल्डरं पत्रिकायाः पृथग् भवति यतो विद्युत्परिपथः विच्छिद्यते वल्वश्च प्रशाम्यति।

वल्वस्याभितः 'त' इत्येकः भ्राजिष्णुः परावर्तकः सन्निविष्टो भवति येन प्रकाशोऽग्रे परावर्त्यते बल्बस्य च रक्षणार्थं 'द' इत्येकः सीसकावरकः सन्निविष्टो भवति।

प्रश्नाः

१—प्रयोगद्वारा साधनीयं यत् विद्युद्धारया ऊष्मा उत्पाद्यते । कुत्र-कुत्र इत्थं ऊष्मोत्पत्त्या कार्यं सम्पाद्यते ?

२—वल्वाः कति प्रकारकाः सन्ति ? तेषां निर्मितिर्व्याख्येया ।

३—फ्यूजः कः पदार्थोऽस्ति ? किमर्थं तस्यावश्यकता अनुभूयते ?

४—विद्युतः टार्चस्य चित्राङ्कनं कृत्वा तस्य वर्णनं कर्तव्यम् ।

—०—

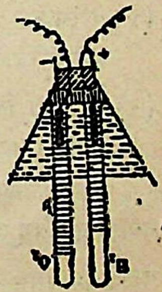
अध्यायः २७

विद्युद्धारायाः रासायनिकः प्रभावः

(Chemical Effect of current)

१—जलस्य विद्युदपघटनम् (Electrolysis)

यदि चेद् प्लेटिनमस्य एकस्मिन् इलेक्ट्रोडयुक्ते सीसकपात्रे जलम् पूरयित्वा धारां प्रवाहयितुं यत्नः क्रियेत तर्हि प्रथमं जलाभ्यन्तरे विद्युद्धारा न प्रवहति, परन्तु यदि तस्मिन् कस्यचिद् लवणस्य कतिपयकणाः गन्धकाम्लकस्य वा कतिपयबिन्दवः निक्षिप्यन्ते तर्हि धाराप्रवाह आरभ्यते जलस्य विश्लेषणञ्च तस्यावयवयोर् आक्सिजनहायड्रोजनयोर् मध्ये भविष्यति। आक्सिजनः धनेलेक्ट्रोडे धनाग्रे (anode) वा हायड्रोजनश्च ऋणेलेक्ट्रोड ऋणाग्रे (cathode) वा एकत्रीभविष्यति। हायड्रोजनस्यायतनम् आक्सिजनस्यायतनाद् द्विगुणितं भवति।



27-1

दशायामस्यां यद् रासायनिकं विच्छेदनं जायते तन्निम्नलिखितैः समीकरणैः दर्शयितुं शक्यते—

$$2H_2SO_4 = 2H_2 + 2SO_4$$

H_2 इति ऋणाग्रं प्रति चलति SO_4 आयनाश्च धनाग्रं प्रति चलन्ति। धनाग्रे SO_4 स्वकीयं ऋणावेशं यच्छति जलेन च सह रासायनिकीं क्रियां करोति।

$$2H_2O + 2SO_4 = 2H_2SO_4 + O_2$$

अतएव यद्यपि गन्धकाम्लकस्य विद्युद्विघटनं भवति परन्तु अन्ते जलमेव स्वकीयावयवयोः विभज्यते।

एतादृशाः सुचालकद्रवाः, ये विद्युद्धारया विच्छिद्यन्ते, विद्युदपघट्याः (electrolyte) इत्यभिधीयन्ते विच्छिन्नीभवनरीतिश्च विद्युदपघटनमित्यभिधीयते।

२—नीलथोथेति पदार्थस्य विलयनस्य विद्युद्विश्लेषणम् :—

नीलथोथेति पदार्थस्य सन्तृप्तविलयनं सीसकपात्रे पूरयित्वा तस्मिन् ताम्रफलकयोः धनाग्रं ऋणाग्रञ्च निक्षेप्य यदि तत्र धारा प्रवाह्यते स्वल्प एव समये ऋणाग्रे किञ्चित्ताम्रं घनीभवति धनाग्रस्य च तावन्मात्र एव भागो विलीयते।

$$CuSO_4 = Cu + SO_4$$

ताम्रस्य आयनः ऋणाग्रं प्रति चलति तत्र गत्वा च घनीभवति, SO_4 आयनः धनाग्रं प्रति चलति तत्र गत्वा च ताम्रेण च सह क्रियां करोति—

$$So_4 + Cu = CuSo_4$$

इत्थं ताम्रस्य यावती मात्रा धनाग्रे विलीना भवति याथार्थ्येण तावती एव मात्रा ऋणाग्रे एकत्रीभवति विद्युच्च एकप्रकारेण धनाग्राद् ऋणाग्रं प्रति ताम्रस्य नयनं सम्पादयति ।

३—सिलवरनाइट्रेटस्य विद्युदपघटनम्:—

यदि चेद् सिलवरनाइट्रेटस्य (Silver Nitrate) विलयने सिलवरस्य इलेक्ट्रोडं संयुज्य धारा प्रवाह्यते तर्हि ताम्रवद् रजतस्य काचिन्मात्रा धनाग्राद् विलीयते । याथार्थ्येण तावती एव मात्रा ऋणाग्रे एकत्रीभवति । सिलवरनाइट्रेटेन रजतं NO_3 इत्येतस्य च आयनाः निर्वर्त्यन्ते । रजतं ऋणाग्रे एकत्रीभवति NO_3 इत्यस्य च आयनाः धनाग्रं गत्वा रजतफलकम् आक्रम्य तद्विलाप्य च $AgNO_3$ इत्यस्मिन् परिवर्तयति । इत्थं रजतं येन शैघ्र्येण ऋणाग्रे एकत्रीभवति तेनैव शैघ्र्येण तद् विलयने मिलति विलयनस्य सान्द्रता च तावन्मात्रिकैव तिष्ठति ।

४—विद्युदपघटनसम्बन्धी फरैडेमहोदयस्य नियमः—

१८३३ खीष्टाब्दे विद्युदपघटनविषये फरैडेमहोदयेन नियमद्वयम् आविष्कृतम् —

(१) कस्मिश्चिद् इलेक्ट्रोडे (electrode) विमुक्तानाम् आयनानां संहतिः विद्युदपघट्ये परिसारितविद्युतः मात्रायाः समानुपातिनी भवति ।

(२) यदि चेद् विभिन्नापघट्येषु एकैव धारा चाल्यते तर्हि विमुक्तानाम् आयानानां संहतिः तेषां रासायनिकतुल्याङ्कानां (chemical equivalent) समानुपाती भवति ।

प्रथमनियमेन यदि विमुक्तायनानां संहतिः m इति स्यात् वोल्टामीटरतश्च परिसृत्य गच्छन्त्याः विद्युतः मात्रा Q इति भवेत्, तर्हि $m \propto Q$

परन्तु, आवेश=धारा × समयः

अथवा $Q = C \times T$

$\therefore m = Z.\ C.\ T$

यत्र Z इति प्रत्येकतत्वाय एकः पृथग्नियताङ्को भवति यः तस्य तत्वस्य विद्युद्रासायनिकतुल्याङ्क इति (Electro Chemical Equivalent or L. C. E) अभिधीयते

अतएव प्रथमः नियमः इत्थमपि प्रतिपादयितुं शक्यते यत्—

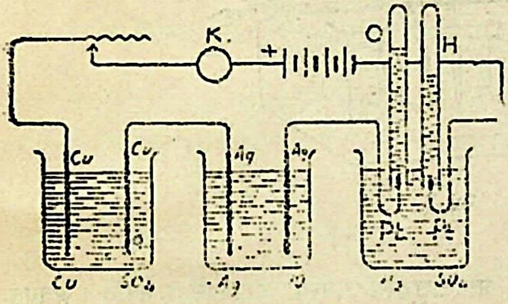
कस्मिंश्चिद् इलेक्ट्राडे मुक्तानाम् आयनानां मात्रा धारासामर्थ्यं, धारापरिसारणसमयः तस्य तत्त्वस्य च विद्युद्रासायनिकतुल्याङ्क इत्येतेषां गुणनफलतुल्यं भवति ।

उपरिवर्तिनि समीकरणे यदि C=१ ऐम्पियरः T इति च=१ सैकेण्ड इति न्यस्यते तर्हि m=z, अर्थात्

कस्यचित् तत्त्वस्य विद्युद्रासायनिकतुल्याङ्कः तस्य तत्त्वस्य ग्रामेषु निर्धारिता सा संहतिः भवति या एकैम्पीयरीयधारायाः एकसैकण्डं यावत् कस्मिश्चिद् विद्युदपघट्ये परिसारणात् विमुच्यते । एकैम्पीयरीयधारायाः

एकसैकण्ड यावत् परिसारणात् विद्युतः यावती मात्रा परिसरति सा एकः कूलम्बः (coulomb) इत्यभिधीयते । अतो वि० रा० तु० इति ग्रामः प्रतिकूलम्बमित्यभिधीयते ।

ताम्रस्य वि० रा० तुल्याङ्कः '०००३२९ ग्रामः प्रतिकूलम्बं रजतस्य च '००११८ ग्रामः प्रतिकूलम्बं भवति ।



चित्रम् २७-२

यदि चेद् अनेके वोल्टामीटराः श्रेण्यामेकस्यां संयुक्ताः स्युः (चित्रम् २७-२), तर्हि विद्युदपघटनस्य द्वितीयेन नियमेन ताम्रवोल्टमीटरे ३१'७८ ग्रामपरिमितं ताम्रं सिल्वरवोल्टमोटरे च १०७'९ ग्रामपरिमितं रजतं जलवोल्टमीटरे च ८ ग्रामपरिमित आक्सिजनः एक ग्रामीयः हायड्रोजनश्च एकस्या एव विद्युदधाराया चालनात् एकस्मिन्नेव काले मुक्ताः भवन्ति । श्रेण्यां संयुक्तैः वोल्टमीटरैः प्रयोगं कृत्वा नियमस्यास्य सत्यापनं कृतम् ।

अन्तारा‌ष्ट्रीय ऐम्पियरः (International Ampere)

व्यावसायिकसंस्थानकस्य मानकसमित्या (Standard Committee of the Board of Trade) तद्धारायाः सामर्थ्यं एकैम्पियर इति निर्धारितः यस्याः सिलवरनाइट्रेटस्य विलयने चालनात् ऋणाग्रे '००१११८ ग्रामः प्रतिसेकेण्डम् इति गत्या रजतम् एकत्रीक्रियते । इत्थं निर्धारिता ऐक्किी अन्ताराष्ट्रीय ऐम्पियर इति नाम्ना अभिधीयते ।

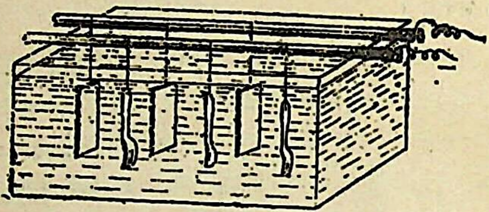
५—विद्युदपघटनस्य उपयोगः

व्यावहारिकरूपेण विद्युदपघटनस्योपयोगः इलेक्ट्रोप्लेटिंगकार्ये (electroplating), कतिपयरासायनिकपदार्थानां निर्माणे, कतिपयधातूनां शोधने मिश्रणेभ्यः तेषां निस्सारणे च क्रियते ।

(अ) इलेक्ट्रोप्लेटिंगः विद्युल्लेपनं वा (Electroplating)

यर्हि कस्मिश्चिद् विद्युदपघट्ये धारा प्रवाह्यते तर्हि धनाग्रे न्यस्तस्य धातोः काचिन्मात्रा विलीयते तथाच, तावती एव धातुमात्रा ऋणाग्रे एकावरणरूपेण एकत्रीभवति । सिद्धान्तस्यास्य उपयोगं कृत्वा लौहपित्तलप्रभृतिषु अपधातुषु स्वर्णरजतप्रभृतीनां उत्कृष्टधातूनां अतिक्षीणावरम् आरोपितुं शक्यते । ईदृशं क्षीणावरणं हस्तेन आरोपितुम् असम्भवमेव । यस्मिन् वस्तुनि उपलेपनं कर्तुम् अभीष्टं स्यात् तत् सम्यक्तया विशोध्य एकस्मिन् तन्तौ आबध्य उचिते विद्युदपघट्ये ऋणाग्राद् प्रलम्ब्यते धनाग्रे च यस्य धातोः उपलेपनम् अभीष्टं स्यात् स प्रलम्ब्यते । विद्युदपघट्ये लघ्वी (एकैम्पीयरः प्रति ५० वर्गसेण्टीमीटरीयस्य ऋणाग्रस्य इति परिगणनेन) सरला धारा (direct current)

चाल्यते यतः तस्मात् निस्सृत्य धातुः वस्तुनः उपरि एकत्रीभवति। तावन्मात्रश्चैव धातुः धनाग्रात् विद्युदपघट्ये भूयो विलीयते यतः विलयनस्य सान्द्रतायां किमपि परिवर्तनं न भवति।



२७-३

(ब) ताम्रस्य शोधनम्—

विद्युत्तन्त्वादीनां निर्माणार्थं अत्यन्तशुद्धस्य ताम्रस्य आवश्यकता भवति। अतएव साधारणं ताम्रं नीलथोथेतिपदार्थस्य विलयने ऋणाग्रे प्रलम्ब्यते धनाग्रे च शुद्धताम्रस्य फलकं प्रलम्ब्यते। विद्युद्धारायाः चालनाद् धनाग्रीयं ताम्रं विलीयते तस्य अशुद्धपदार्थाः विलयने तिष्ठन्ति शुद्धञ्च ताम्रं ऋणाग्रे घनीभवति।

(स) औषधीयः प्रयोगः—

विद्युदपघटनद्वारा शरीरे क्लोरीनम्, आयोडीनं मैग्नेशियमप्रभृतीश्च सङ्क्राम्य कतिपयरोगाणां चिकित्सा क्रियते। एतत्कार्यार्थं शरीरस्य चर्मणः एकस्मिन् लघुभागे लवणविलयनम् आरोप्यते। तदुपरि वस्त्रस्य आर्द्रपट्टिका न्यस्य तया सह प्लेटिनमस्यैक इलेक्ट्रोडः निवेश्यते द्वितीयश्च इलेक्ट्रोडः शरीरस्य कस्मिंश्चिद् अन्यभागे सन्निवेश्य उभयत्र विद्युत् चाल्यते यतः लवणायनाः रुधिरधारया सहैव ऋणाग्रं प्राप्नुवन्ति। सन्धिषु यूरिकैसिडस्य एकत्रीभवनात् ग्रन्थिकः रोगः जायते। स रीत्या अनया चिकित्स्यते।

(द) कोषाणां ध्रुवस्य परिज्ञानम्—

मसिशोषकपत्रस्य एकः लघुखण्डः पोटेशियमायोडाइडस्य स्टार्चस्य च विलयनेन आर्द्रीक्रियते तस्य चोभयोस्तटप्रदेशयोः सैलतन्तोरुभे शीर्षे संयुज्येते। विद्युद्विच्छेदनद्वारा आयोडिनः धनाग्रे निस्सरिष्यति यः स्टार्चेन सह मिलित्वा नीलरङ्गं करिष्यति किन्तु ऋणाग्रे कोऽपि रङ्गो न भविष्यति।

उदाहरणम्—(१) १०० ग्रामपरिमिते एकस्मिन् धातुखण्डे तस्य संहत्याः ५ प्रतिशतिकं स्वर्णम् आरोप्यमस्ति। तर्हि ५ ऐम्पियरीया धारा कियत्कालपर्यन्तं स्वर्णलवणस्य कस्मिंश्चिद् विलयने चालयितव्या? (स्वर्णस्य वि० रा० तु०=·०००६८)

धातुखण्डस्य संहतिः १०० ग्रामपरिमितास्ति तदुपरि ५ग्रामपरिमितं स्वर्णम् आरोप्यते। अतएव आरोपितस्वर्णस्य संहतिः = ५ ग्रामाः

∵ m=Z. C. T. इत्यस्मिन् सूत्रे m=५ ग्रामाः। C=५ ऐम्पियराः, Z=·०००६८ एवं T इति उपलभ्यम्।

$$\therefore T=\frac{m}{CZ}=\frac{५}{५\times\cdot०००६८}=\frac{१०००००}{६८}$$ सैकेण्डाः

= २४ मिनटाः ३०$\frac{१०}{१७}$ सैकेण्डाः इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (२) ताम्रपात्रेषु २० मिनटेषु १० ग्रामपरिमितस्य रजतस्य उपलेपनं कारयितुं कियत्सामर्थ्यसम्पन्ना धारा विद्युदपघट्ये चालयितव्या ? (रजतस्य वि० रा० तु = ·००१११८)।

∵ m=C. Z. T. इत्यस्मिन् सूत्रे

m=१० ग्रामाः, Z=·०·१११८

T=२०×६० सैकेण्डाः, तथा C इत्युपलभ्यम्।

$$\therefore C=\frac{m}{ZT}=\frac{१०}{\cdot००१११८\times१२००}$$

$$=\frac{१}{\cdot१३४१६}$$ ऐम्पियरः

= ७·४५ ऐम्पियरा इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (३) यदि चेद् ताम्रसल्फेटस्य विलयने २ ऐम्पियरीया धारा चाल्यते तर्हि कियन्मात्रं ताम्रं ऋणाग्रे एकत्रीभवति ? (ताम्रस्य वि० रा० तु०=·०००३३ ग्रामाः प्रतिकूलम्बम्)।

∵ m = C. Z. T. इति सूत्रे C. = २ ऐम्पियराः

Z = ·०००३३ ग्रामः प्रतिकूलम्बम्

T = ३६०० सैकेण्डाः तथा m इति उपलभ्यम्।

∴ m = २×·०००३३×३६०० ग्रामाः = २.३७६ ग्रामाः इत्युत्तरः।

उदाहरणम् (४) यदि चेद् ५ ऐम्पियरीया धारा ३० मिनटं यावत् विद्युदपघट्ये चालनात् २·९७ ग्रामपरिमितं ताम्रं ऋणाग्रे एकत्रीभवति तर्हि ताम्रस्य वि० रा० तु० इति ज्ञातव्यः।

∵ m = C. Z. T. इत्यस्मिन् सूत्रे m=२·९७ ग्रामाः

C = ५ ऐम्पियराः, T = १८०० सैकेण्डाः तथाच Z इत्युपलभ्यः।

$$\therefore Z=\frac{m}{CZ}=\frac{२\cdot९७}{५\times१८००}=\cdot०००३३$$ ग्रामः प्रतिकूलम्बम् इत्युत्तरः।

प्रश्नाः

१—विद्युद्धारायाः रासायनिकप्रभावेण दैनिकजीवने कानि कार्याणि सम्पाद्यन्ते ?

२—विद्युल्लेपनस्य कोऽर्थः ? तस्य कः सिद्धान्तः ?

२—विद्युदपघटनद्वाराः धातूनां शोधनं कथं क्रियते ?
उदाहरणसहितं वर्णनं कर्त्तव्यम् ।

४—यदि चेद् रजतस्य विद्युद्रासायनिकतुल्याङ्कः ·००११२ ग्राम इति स्यात् तर्हि १ घटिकापर्यन्तं १ ऐम्पियरीयायाः धारायाः चालनेन ऋणाग्रे कियन्मात्रं रजतम् एकत्रीभवति ? (उ० प्रायेण ·४ ग्रामपरिमितम्) ।

५—यदि चेद् ताम्रस्य विद्युद्रासायनिकतुल्याङ्क ·०००३३ ग्रामपरिमितः स्यात् तर्हि कस्मिश्चिद् वस्तुनि १ घटिकापर्यन्तं ६ ग्रामपरिमितं ताम्रम् आरोपितुं कियती धारा अपेक्ष्यते ? (उ० ५·०५ ऐम्पियराः) ।

६—५ ऐम्पियरीया धारा कस्मिश्चिद् ताम्रवोल्टामीटरे कियत्कालपर्यन्तं प्रवाह्या यतः १४·८५ ग्रामपरिमितं ताम्रं ऋणाग्रे एकत्रीभवेत् ? (ताम्रस्य वि० रा० तु०=·०००३३ ग्रामः प्रतिकूलम्बम्)

(उ० २ घटिके ३० मिनटाः)

७—कस्मिश्चिद् ताम्रपात्रे ११·१८ ग्रामपरिमितं रजतम् आरोपितुं ५ ऐम्पियरीया धारा कियत्कालं यावत् विद्युदपघट्ये चालनीया ? (रजतस्य वि० रा० तु० ·००१११८ ग्रामः प्रतिकूलम्बम्)

(उ० ३३⅓ मिनटाः) ।

८—यदि चेद् २ ऐम्पियरीया धारा २ घटिकापर्यन्तं कस्मिश्चिद् रजतस्य विद्युदपघट्ये चाल्यते तर्हि ऋणाग्रे कियन्मात्रं रजतम् एकत्रीभविष्यति ? (उ० १६·०९९२ ग्रामाः)

९—यदि चेद् रजतस्य कस्मिश्चिद् विद्युदपघट्ये २ घटिकापर्यन्तं ५ ऐम्पियरीयायाः धारायाः चालनात् ४०·२५ ग्रामपरिमितं रजतं ऋणाग्रे एकत्रीभवेत् तर्हि रजतस्य वि० रा० तु० इत्युपलभ्यः । (उ० ·००१११८ ग्रामः प्रतिकूलम्बम् ।)

षष्ठः परिच्छेदः

अध्याय : २८

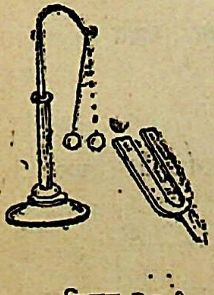
ध्वनेरुत्पत्तिः तरङ्गश्च

१—ध्वनिरिति कः पदार्थः ?

श्रोत्रेण श्रूयमाणः पदार्थः ध्वनिर् (Sound) इत्यभिधीयते। विभिन्नोद्गमस्थानेभ्यो विभिन्नप्रकारकः ध्वनिरुत्पद्यते। कतिपयशब्दः ईदृशाःमधुराः यद् अस्माकं चित्तोपरि तेषां गभीरः प्रभावो भवति। कर्णेन तेषां साक्षात्कारकालसममेव मनुष्य आनन्दभिभूतः सन् नृत्यति। कुशलगायकानां गीतं तथा वायोलिनप्यानोवीणादीनां ध्वनयः मधुरस्वानाम् उदाहरणानि। कतिपये शब्दाः एतावद्भीषणाः यत् तेषां श्रवणादेव भयानुभूतिर् भवति यथा सिंहक्ष्वेडः मेघस्तनितादीनि। परन्तु, ध्वनिस्रोतसां परीक्षणाद् अस्माभिर्ज्ञास्यते यत् प्रत्येकावस्थायां ध्वन्युत्पादने ध्वनिस्रोतसः कश्चन भागोऽवश्यमेव कम्पनं करोति, अर्थात् कम्पनाद् (Vibration) ध्वनिरुत्पद्यते। कदाचिद् कम्पनम् एतावदल्पं भवति यत्-तद् द्रष्टुं कस्यचिद् विशिष्टोपकरणस्य आवश्यकता भवति।

यदि चेद् पित्तलमयमेकगिलासपात्रं पुरः फलके निधाय नागजिह्विकया ताड्यते तर्हि तस्मिन् ध्वनेरुत्पत्तिः भवति। इदानीं गिलासपात्रस्य तटप्रदेशो यदि अंगुल्या मन्दं स्पृश्यते तर्हि तस्य कम्पनं प्रत्यक्षीक्रियते। यदि चेद् स्वल्पबलपूर्वकमपि तटप्रदेशो स्पृश्येत तर्हि कम्पनम् अवरुध्यते ध्वनिश्चापि न श्रूयते।

२—स्वरित्रस्य (Tuning Fork) कम्पनम्



चित्रम् २८.१

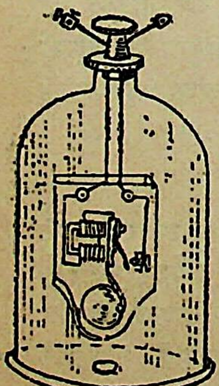
स्वरित्रमेकं अलातग्रहाकारकम् अयोमयम् उपकरणं भवति यस्य भङ्गिमास्थाने हस्तकमेकं संयुक्तं भवति (चित्रम् २७.१)। यहि अस्यैकेन बाहुना कार्कः रबरफलको वा ताड्यते तर्हि ततः मधुरः शब्दो निस्सरति। यदि चेद् तस्य भुजशीर्षे ध्यानपूर्वकं दृश्येते तर्हि ते कम्पमाने दृश्येते। यदि अतिलाघवेन अंगुल्या भुजशीर्षे स्पृश्येते तर्हि गिलासपात्रस्य कम्पनवद् तत्रापि कम्पन-सत्तानुभूयते। यदि चेद् शरकाण्डगुलिकैका सूत्रेण प्रलम्ब्य कम्पमानस्वरित्रस्य कस्यचनस्यैकस्य शीर्षस्य समीपम् आनीयते तर्हि तद्गुलिकापि स्वरित्रकम्पनकारणाद् दोलनम् आरभते।

इत्थं प्रयोगैः साधयितुं शक्यते यत् प्रत्येकेन ध्वनिस्रोतसा तस्यामेव दशायां ध्वनिर् उत्पादयितुं शक्यते यदा तेन कम्पनं क्रियते। परन्तु, अस्माकं श्रोत्रैः प्रत्यकदोलनसंख्यायाः ध्वनिः श्रोतुं न शक्यते। यदि चेद् ध्वन्युत्पादकेन प्रतिसैकेण्डं त्रिंशतो न्यूनम् अथवा ४०,००० इत्यतोऽधिकं कम्पनं क्रियते तर्हि अस्माकं श्रोत्रं तद्ग्रहणेऽसमर्थो भवति। ईदृशानि कम्पनानि अन्योपायैः ज्ञातुं शक्यन्ते।

३—ध्वने चलनार्थं माध्यमस्यावश्यकता भवतिः—

कुतश्चिद् ध्वनिस्रोतसः ध्वनिं कर्णपर्यन्तं नेतुं माध्यमस्य आवश्यकता भवति। सामान्यावस्थायां माध्यमोऽयं वायुर् भवति। परन्तु, वायुस्थाने केनचिद् अन्येनापि वस्तुना माध्यमस्य कार्यं सम्पादयितुं शक्यते **यदि चेद् तस्मिन् वस्तुनि नमनशीलत्वं स्यात् तथा तस्य विस्तारो ध्वनिस्रोतसः कर्णपर्यन्तं भवेत्।** बालकाः प्रायेण सूत्रस्य दूरभाषं निर्माय परस्परं वार्त्तालापं कुर्वन्ति। तद्दूरभाषतः परिसृत्य शब्दः स्थानादेकस्माद् अन्यस्थानं प्रति गच्छति। धूम्रशकटस्य सरणिपङ्क्त्या सह सन्निविष्टे तन्तुस्तम्भे कर्णं संयुज्य श्रूयते चेद् तर्हि संस्थानके संस्थितस्य शकटस्य शब्दः कर्णगोचरीभवति। शब्दोऽयं लौहमयेभ्यस्तन्तुभ्यः परिसृत्य समागच्छति। जलाभ्यन्तरे निमग्नः नरः सम्यक्तया शब्दं श्रोतुं शक्नोति। दशायामस्यां जलमेव शब्दाय माध्यमस्य कार्यं करोति। प्रत्येकावस्थायां शब्दस्य गत्यर्थं कस्यचिद् पदार्थीयमाध्यमस्य आवश्यकता भवति। प्रकाशवत् शब्दः निर्वाते परिसृत्य चलितुं न शक्नोति। तथ्यमिदं दर्शयितुम् अस्माभिरेकः प्रयोगः कर्तुं शक्यते।

एका विद्युद्घण्टिका वायुपम्पस्य एकस्मिन् अभिग्राहके प्रलम्ब्या तस्याश्च सम्बन्धः बहिर्निहितयोः बैटर्या एकया कुञ्चिकया च सह क्रियते। अभिग्राही सर्वथावायुरोधकः (air tight) क्रियते कुञ्चिका च सम्पीड्यते। कुञ्चिकासंपीडनादेव घण्टिकावादनं प्रारभते तस्याश्च शब्दः सम्यक्तया श्रूयते। इदानीं पंपद्वारा शनैश्शनैः अभिग्राहितः वायुः निष्कास्यते तर्हि यथा यथा वायुः निस्सरति घण्टिकायाः शब्दस्य तीव्रत्वमपि क्षीयते। अन्ते च यर्हि अभिग्राहकाभ्यन्तरे समीराभावो जायते तर्हि शब्दश्रवणं समाप्यते। यदि इदानीं अभिग्राहकाभ्यन्तरे शनैश्शनैः वायुप्रवेशो प्रयुज्यते तर्हि शब्दतीव्रत्वमपि वर्द्धते।



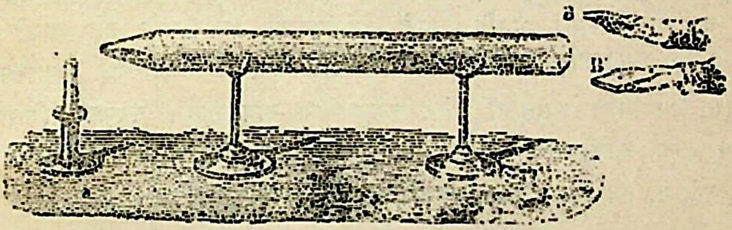
चित्रम् २८.२

तदेव वस्तु शब्दमाध्यमस्य कार्यं कर्त्तुं शक्नोति यस्मिन् नमनीयत्वं स्यात् तथा यद् अविच्छिन्नभावेन शब्दोत्पादकादारभ्य कर्णपर्यन्तं प्रसृतं स्यात्। नमनीयत्वशून्यानि वस्तूनि शब्दमाध्यमस्य कार्यं कर्त्तुं न शक्नुवन्ति। ये च पदार्था अविच्छिन्नाः न भवन्ति, यथा काष्ठस्य लौहस्य वा चूर्णानि, तेऽपि शब्दं स्थानादेकस्माद् अन्यं प्रति वोढुं सर्वथा अयोग्याः भवन्ति।

४—वायौ ध्वनेः संचरणम्

वायुतः संसृत्य ध्वनेः सञ्चलनक्रियाम् अवबोद्धुं प्रथमं निम्नांकितः प्रयोगः कर्त्तव्यः—

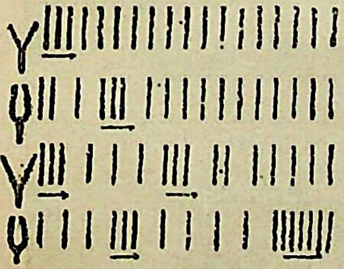
प्रायशः ३ सेण्टीमीटरव्यासवतीं तथा एकमीटरदीर्घां सीसकनलिकामेकाम् आदाय तस्याः शीर्षमिकं सूक्ष्मं करणीयं तच्छीर्णसमीपे च b इत्येका द्रावकवर्तिका निधातव्या। नलिकायाः पृथुलशीर्णसमीपे B इति B इति च द्वे काष्ठपट्टिके आनीय परस्परं ताड्यते



(चित्रम् २८-३)

(चित्रम् २८.३) तर्हि पाट्टकयोस्ताडनात् समीराघातेन द्रावकवर्त्तिकायाः शिखा सूक्ष्मशीर्णतः दूरमपसरिष्यति आघातावसाने च भूयः पूर्वावस्थां प्रप्स्यति। यदि चेद् भूयोभूयः पट्टिकयोः परस्परं ताडनं कृत्वा अभिलक्ष्यते तर्हि प्रत्येकेन आघातेन द्रावकवर्त्तिकाशिखा दूरमपसरतीति दृश्यते। प्रयोगेणानेन सिध्यति यत् वायौ चेद् एकत्र आघातः क्रियते तर्हि स वायुतः संसृत्य दूरपर्यन्तं गच्छति।

(अ)
(ब)
(स)
(द)

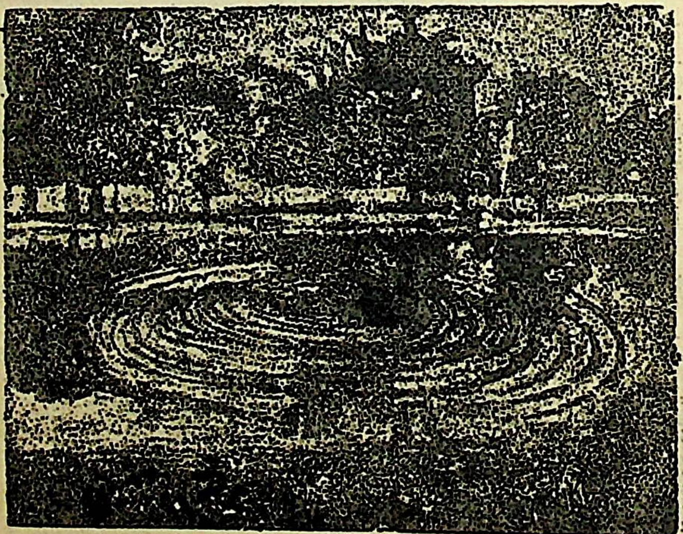


चित्रम् २८-४

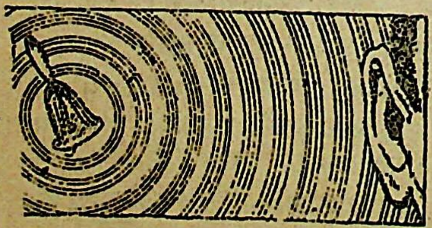
यदा किमपि वस्तु वायौ कम्पनं करोति तर्हि तद् स्वकम्पनैः वायौ आघातं करोति यतः वायोः किञ्चिद्भागः सम्पीड्यते केषुचिच्च भागेषु वायोः घनत्वं ह्रसति। कल्प्यं यत् कस्यचिद् स्वरित्रस्य बाहुः कम्पनावस्थायां (अ) इति चित्रे प्रदर्शितां स्थितिं प्राप्नोति तर्हि तेन वातस्तराः सम्पीड्य पार्श्वस्थिताः क्रियन्ते। यदा च स बाहु (ब) इति चित्रे प्रदर्शितां स्थितिं प्राप्नोति तर्हि वातस्तरेषु तत्सम्पीडनं समाप्यते ते च स्तराःदूरवर्तिनोः भवन्ति। भूयो यदा बाहुः (स) इति स्थितिं प्राप्नोति तर्हि वायुस्तराः पुनः सम्पीड्यन्ते। इत्थं स्वरित्रस्य कम्पनात् वायौ क्रमेण सम्पीडनानि (compression) विरलनानि (rarefaction) च भवन्ति यानि एकेन निश्चितवेगेन पुरो गच्छन्ति। अस्माकं कर्णैः सम्पीडनस्य विरलनस्य च इमानि परिवर्तनानि गृह्यन्ते अस्माभिश्च शब्दश्रवणं क्रियते। इदमेव तथ्यं शब्दान्तरेण इत्थं प्रतिपाद्यते यत् ध्वन्युत्पादकस्य कम्पनेन वायौ सम्पीडनस्य विरलनस्य च तरङ्गा उत्पद्यन्ते ये अस्माकं कर्णं प्राप्य ध्वनिप्रतीतिमुत्पादयन्ति।

तरङ्गसिद्धान्तम् अवबोद्धुं अत्रास्माभिः जलतरङ्गविषयकाः कतिपयप्रयोगाः करणीयाः।

यदि चेद् शान्तवातावरणसमये कस्मिंश्चिद् कासारे एकः प्रस्तरः निक्षिप्यते तर्हि कासारे यत्र प्रस्तरो निपतति तस्याभितः अनेके वृत्ताकारतरङ्गा उत्पद्यमानाः अग्रे गच्छन्ति। यर्हि ते तटं प्राप्नुवन्ति तर्हि तेन तटेन संङ्घर्षं कृत्वा पश्चाद् प्रत्यावर्तन्ते अर्थात् तरङ्गाः तटात् परावर्तिताः भवन्ति अग्रगामिनश्च तरङ्गान् अतिक्रम्य गच्छन्ति। तरङ्गः प्रस्तरखण्डस्य प्रक्षेपणेन सहैव सम्पूर्णं कासारं न व्याप्नुवन्ति अपितु प्रस्तरशकलनिपातस्थानात् उद्भूय एकेन निश्चितवेगेन अभितः प्रसरन्ति। कासारस्य कतिपयभागेषु जलं विरलं कतिपयेषु च भागेषु गम्भीरं भवति। यदि ध्यानपूर्वकम् अवलोक्यते तर्हि ज्ञायते यत् तरङ्गाणां वेगः गभीरे जले अधिकः विरले च मन्दो भवति। यदि चेद् कासारमध्ये कश्चिद् वृक्षः अवरोधश्च स्यात् तर्हि तेन तरङ्गगतिर् नावरुध्यते। तरङ्गाः परिभ्राम्य अवरोधस्य तस्य तटप्रदेशतः निस्सरन्ति। यदि चेद् एका कर्गदनौका तरङ्गाणां मध्ये निक्षिप्यते तर्हि सा ऊर्ध्वाधः गतिं करोति परन्तु अग्रे न सरति।



चित्रम् २८-५



चित्रम् २८-६

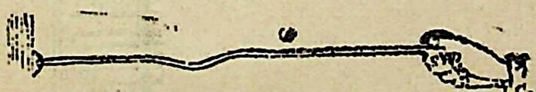
यर्हि किञ्चिद् वस्तु समाङ्गिनि माध्यमे गतिं करोति तर्हि सम्पीडनस्य विरलनस्य च तरङ्गाः समानवेगेन प्रत्येकदिशि चलनं प्रारभन्ते। इमे तरङ्गाः गोलीयतरङ्गरूपेण याथार्थ्येण तथैव चलन्ति यथा कासारे प्रस्तरखण्डनिक्षेपणेन जलवीचयः चलन्ति। द्वयो-

रन्तरमिदं यत् जलतरङ्गे तरङ्गस्थितस्य कस्यचिद् कणस्य स्थानान्तरम् ऊर्ध्वाधः तरङ्ग-गतिदिशः लम्बरूपं भवति परन्तु वायौ गतिशीलेषु ध्वनितरङ्गेषु कणानां स्थानान्तरं तस्यामेव दिशि भवति यस्यां तरङ्गाः चलति ।

यैः तरङ्गैः माध्यमस्य कणानां स्थानान्तरं तरङ्गस्य गतिदिशि लम्बरूपं भवति तेऽनुप्रस्थतरङ्गा (transverse wave) इति येषु च तरङ्गेषु माध्यमस्य कणानां स्थानान्तरं तरङ्गस्य गमनदिशि एव भवति तेऽनुदैर्घ्यतरङ्गा (Longtiudinal wave) इत्यभिधीयन्ते ।

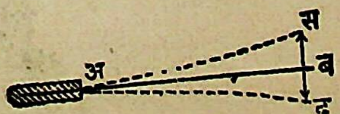
५—अनुप्रस्थतरङ्गाणां गति :

यदि चेद् ५,६ वा मीटरदीर्घस्यैकस्य रज्जोः शीर्षमेकं कुड्ये सन्निविष्टेन केनचिद् कीलकेन आवध्यते द्वितीयं च शीर्षं हस्तेन प्रगृह्य क्षिप्रं-क्षिप्रं उर्ध्वाधः दिशि दोल्यते तर्हि रज्जौ अनुप्रस्थतरङ्गा उत्पत्स्यन्ते (चित्रम् २८-७) अनेकानि शीर्षाणि (crest, पादाश्च (troughs) रज्ज्वाश्रयेण अग्रे सरिष्यन्ति । तथ्यमिदम् अवधातव्यं यत् तरङ्गगत्यां माध्यमस्य कणाः स्वमध्यमानस्थित्याः इतस्ततः दोलनं कुर्वन्तः तिष्ठन्ति परन्तु ते अग्रे सर्वथैव न गच्छन्ति तरङ्गगतिद्वारा च तरङ्गदिशि निरन्तरं ऊर्जाप्रेषणं भवति ।



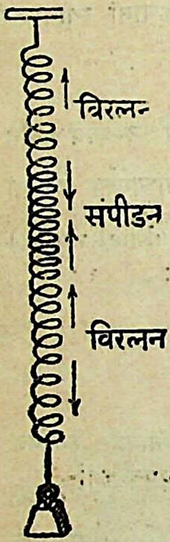
चित्रम् २८-७

अनुप्रस्थकम्पनस्य अन्योदाहरणानि स्वरित्रस्यकम्पनं, वीणातन्तूनां कम्पनम्, एकस्मिन् शीर्षे च कीलितायाः पत्रिकायाश्च कम्पनम् सन्ति (चित्रम् २८-८



चित्रम् २८-८

६—अनुदैर्घ्यतरङ्गाणां गतिः

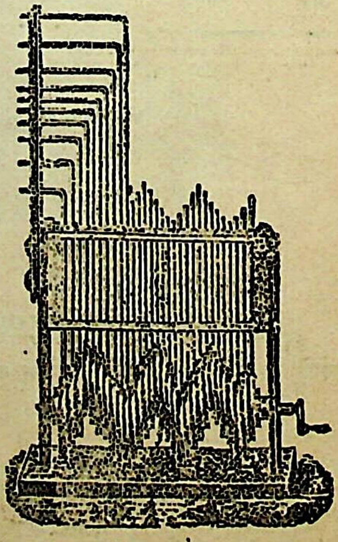


चित्रम् २८-९

सूक्ष्मतन्तोर् एकं दीर्घं स्प्रिङ्गमादाय तस्याधोवर्तिनि शीर्षे स्वल्पो भारः प्रलम्ब्यः। स्प्रिङ्गे प्रलम्ब्यमानः भारः किञ्चिदधः प्रति आकृष्य मुच्यते चेत् तर्हि स्प्रिङ्गस्थितः प्रत्येकः कणः ऊर्ध्वाधः दोलनम् आरभते तन्तुचक्राणि च कतिपयस्थानेषु समीपवर्तीनि कतिपयस्थानेषु च दूरवर्तीनि भविष्यन्ति। अर्थात् तन्तुदैर्घ्येण सह सम्पीडनस्य विरलनस्य च तरङ्गाः चलिष्यन्ति। अनुप्रस्थतरङ्गवत् एतेष्वपि तरङ्गेषु कम्पमानाः कणाः स्वमध्यमानस्थित्याः इतस्ततः किञ्चिद्दूरं स्थानान्तरं करिष्यन्ति परन्तु ते तरङ्गेण सह अग्रे न गमिष्यन्ति तरङ्गदिशि च ऊर्जाप्रेषणं भविष्यति।

७—तरङ्गयन्त्रः (Wave machine)

चित्रे प्रदर्शितेन यन्त्रेण अनुप्रस्थाः अनुदैर्घ्याश्चोभयप्रकारकाः तरङ्गा दर्शयितुं शक्याः भवन्ति। यहि यन्त्रस्य हस्तकं भ्राम्यते तर्हि अनुप्रस्थतरङ्गाः क्षैतिजदिशि अनुदैर्घ्यतरङ्गाश्च ऊर्ध्वाधरदिशि चलन्तः प्रतीयन्ते।



चित्रम् २८-१०

द—तरङ्गविषयकाः कतिपयपारिभाषिकशब्दाः —

आवृत्तिः कम्पनसंख्या वा (Frequency)

कम्पमानेन केनचिद् वस्तूना यावन्ति कम्पनानि क्रियन्ते सा संख्या तद्वस्तुनः आवृत्तिः कम्पनसंख्या वा इत्यभिधीयते ।

कम्पनसंख्या तु ध्वनेस्तल्लक्षणं भवति येन कारणेन अस्माभिः कश्चिद्ध्वनिः स्थूलः कश्चिच्च क्षीण इत्यभिधीयते । स्त्रीणां कण्ठध्वनिः प्रायेण पुरुषाणां ध्वनेरपेक्षया क्षीणो भवति । स्थूलध्वनिः मन्दस्वरीयः क्षीणश्च ध्वनिः उच्चस्वरीयोऽभिधीयते । भेदस्यास्य कारणन्तु ध्वनिस्रोतसः कम्पनसंख्यास्ति । कम्पनसंख्या यावदल्पा भवति ध्वनिः तावदेव निम्नस्वरीय इति प्रतीयते ।

आवृत्तिकालः (Period) :—

कम्पनशीलं किञ्चिद् वस्तु एकस्मिन् पूर्णकम्पने यावन्मात्रं समयम् अपेक्षते स आवृत्तिकालः कम्पनकालो वा इत्यभिधीयते ।

यदि चेद् कम्पनस्य आवृत्तिः "न" आवृत्तिकालश्च "का" इति स्यात्, तर्हि

$$न \times का = १ \quad अथवा \quad न = \frac{१}{का}$$

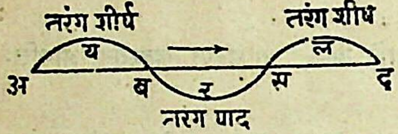
दोलनविस्तार आयामो (Amplitude) वा :—

एकस्मिन् पूर्णकम्पने किञ्चिद् वस्तु स्वमध्यमानस्थित्या उभयतः यावदधिकाधिकं विस्थापनं करोति तद् कम्पनस्य आयाम इत्यभिधीयते ।

कम्पनायामस्याधिक्यात् ध्वनिः तीव्रो भवति अल्पत्वाच्च ध्वनिर्मन्दायते । मन्दतीव्रध्वन्योरन्तरं विदितप्रायमेव सर्वेषाम् । मक्षिकायाः भनभनध्वनिः घटिकायाः टिकटिकेति ध्वनिर्वा एतावान् मन्दो भवति यत् तस्य श्रवणार्थं कर्णं मक्षिकायाः घटिकायाः वा अतिसमीपं नीयते । परन्तु, सिंहक्ष्वेडः शतघ्नीरवो वा एतावान् तीव्रो भवति यद् अतिदूरादेव स श्रूयते । यदि चेद् पटहे दण्डेन मन्दं मन्दम् आघातः क्रियते तर्हि मन्दध्वनिरुत्पद्यते किन्तु तीव्राघातेन तीव्रध्वनिर् जायते । अस्माभिः स्वगलप्रदेशात् मन्दतीव्रयोरुभयप्रकारकयोर् ध्वन्योरुत्पादनं कर्तुं शक्यते ।

कस्यचिद् ध्वनेस्तीव्रत्वं ध्वनिस्रोतसः कम्पनायामे निर्भरायते । यर्हि ध्वनिस्रोतः अधिकायामे कम्पनं करोति तर्हि तेन माध्यमेऽधिका शक्तिः प्रेर्यते । यर्हि तरङ्गा इमे कर्णपटले सङ्घर्षणं कुर्वन्ति तर्हि ध्वनिः अधिकः तीव्रः प्रतीयते । **ध्वनितीव्रत्वं कम्पनायामस्य वर्गस्य समानुपाति भवति ।**

तरङ्गदैर्घ्यम् (Wave length) तरङ्गदूरत्वं वा:—



चित्रम् २८-११

समानगत्यवस्थाकयोः द्वयोः निकटतमकर्णयोर्मध्यान्तरं तरङ्गदैर्घ्यं तरङ्गदूरत्वं वा इत्यभिधीयते। इदं प्रायेण λ इति ग्रीकाक्षरेण 'लैम्डा' नामकेन सूच्यते। चित्रे 'अ स' इति दैर्घ्यं एकतरङ्गदैर्घ्यतुल्यम् अस्ति।

अनुप्रस्थतरङ्गेषु दैर्घ्यमिदम् एकेन तरङ्गशीर्षेण (crest) तस्य समीपवर्तिना तरङ्गपादेन अनुदैर्घ्यतरङ्गेषु च एकस्य सम्पीडनेन तस्य समीपवर्तिना विरलेन च मिलित्वा निर्मीयते।

यदि चेद् ध्वनेर्वेगो 'व' इति, आवृत्तिः 'न' इति तरङ्गदैर्घ्यञ्च λ इति स्यात् तर्हि व=न λ यतः एकस्मिन् पूर्णकम्पने कश्चित्तरङ्गः यावद्दूरं गतो भवति तत्तरङ्गदैर्घ्यमित्यभिधीयते। एकसैकेण्डे च वस्तु 'न' इति कम्पनं करोति। अतएव 'न' कम्पनेषु अतिक्रान्तं दूरत्वं 'नλ' इत्यनेन तुल्यं भवति इदमेव चान्तरालं ध्वनेर्वेगेन 'व' इत्यनेन तुल्यं भवति।

उदाहरणम् (१) यदि वायौ ध्वनेर्वेगः प्रतिसैकेण्डं ३३६ मीटरीयः ध्वनिकम्पनसंख्या च ५६० इति स्यात् तर्हि कम्पनकालः तरङ्गदैर्घ्यं च ज्ञातव्ये।

∵ ध्वनेर्वेगो 'व' इति=कम्पनसंख्या × तरङ्गदैर्घ्यम्

$$\therefore \text{तरङ्गदैर्घ्यम्} = \frac{३३६००}{५६०} = ६० \text{ से० मी०}$$

∵ ५६० कम्पनानि १ सैकेण्डे भवन्ति

$$\therefore \text{कम्पनस्य समयः} = \frac{१}{५६०} \text{सै०}$$

$$\therefore \text{कम्पनकालः} = \frac{१}{५६०} \text{सै० तरङ्गदूरत्वञ्च} = ६० \text{ से०मी०}$$

विशेषः—अत्र भारतीयाचार्याणामपि मतं ज्ञातव्यमतोऽत्र तद्विषयकः संक्षिप्तः विचारः क्रियते—

आधुनिकवैज्ञानिकानां मते ध्वनिः कम्पनस्वरूपः किन्तु पाणिनीयादीनां वैयाकरणानां मते तु शब्दः द्रव्यस्वरूपः कणादादीनां मते तु गुणस्वरूपः। अतोऽत्र भारतीयानां द्विविधः पक्षोऽस्ति अर्थात् शब्दस्य द्रव्यत्वप्रतिपादकः पक्षः गुणत्वप्रतिपादकः पक्षश्चेति। एतदतिरिक्तश्च शब्दस्य नित्यत्वप्रतिपादकः पक्षः यथामीमांसकानाम् अनित्यत्वप्रतिपादकः पक्षश्च, यथा नैयायिकादीनाम्, इत्यपि द्वौ पक्षौ स्तः।

गुणवादिनाम् अनित्यत्ववादिनाञ्च मतविषयकविवेचनं मुक्तावलीतोऽत्र उद्ध्रियते—

"आकाशस्य विशेषगुणः शब्दः स चाव्याप्यवृत्तिः। यदा किञ्चिदवच्छेदेन शब्द उत्पद्यते तदान्यावच्छेदेन तदभावस्यापि सत्त्वात्। क्षणिकत्वं च तृतीयक्षणवृत्तिध्वंसप्रतियोगित्वम्।

योग्यविभुविशेषगुणानां स्वोत्तरवृत्तिविशेषगुणनाश्यत्वात्प्रथमशब्दस्य द्वितीयशब्देन नाशः ।"

"आकाशस्य तु विज्ञेयः शब्दो वैशेषिको गुणः ॥"

आकाशस्येति । आकाशकालदिशामेकैकव्यक्तिकत्वादाकाशत्वादिकं न जातिः किन्तु आकाशत्वं शब्दाश्रयत्वम् । वैशेषिक इति कथनन्तु विशेषगुणान्तरव्यवच्छेदाय । एतेन प्रमाणमपि दर्शितम् । तथाहि शब्दो गुणश्चक्षुर्ग्रहणायोग्यबहिरिन्द्रियग्राह्यजातिमत्वात् स्पर्शवत्, शब्दो द्रव्यसमवेतः गुणत्वात् संयोगवदित्यनुमानेन शब्दस्य द्रव्यसमवेतत्वे सिद्धे शब्दो न स्पर्शवद्विशेषगुणः, अग्निसंयोगासमवायिकारणकत्वाभावे सति अकारणगुणपूर्वकप्रत्यक्षत्वात् सुखवत् । पाकजरूपादौ व्यभिचारवारणाय सत्यन्तम् । पटरूपादौ व्यभिचारवारणायाकारणगुणपूर्वकेति । जलपरमाणुरूपादौ व्यभिचारवारणाय प्रत्यक्षेति । शब्दो न दिक्कालमनसां गुणः विशेषगुणत्वात् रूपवत् । नात्मविशेषगुणः बहिरिन्द्रिययोग्यत्वात् रूपवत् । इत्थं च शब्दाधिकरणं नवमं द्रव्यं गगनात्मकं सिद्ध्यति । न च वाय्ववयवेषु सूक्ष्मशब्दक्रमेण वायौ कारणगुणपूर्वकः शब्द उत्पद्यतामिति वाच्यम् । अयावद्द्रव्यभावित्वेन वायोर्विशेषगुणत्वाभावात् ॥"

तथा च—"शब्दो ध्वनिश्च वर्णश्च मृदङ्गादिभवो ध्वनिः ॥
कण्ठसंयोगादिजन्या वर्णास्ते कादयो मताः ।
सर्वः शब्दो नभोवृत्तिः श्रोत्रोत्पन्नस्तु गृह्यते ॥
वीचीतरङ्गन्यायेन तदुत्पत्तिस्तु कीर्तिता ।
कदम्बगोलकन्यायादुत्पत्तिः कस्यचिन्मते ।
उत्पन्नः को विनष्टः क इति बुद्धेरनित्यता ।
सोऽयं क इति बुद्धिस्तु साजात्यमवलम्बते ॥ इति दिङ् ॥

अथ नित्यत्ववादिनां मीमांसकाचार्याणां सिद्धान्तज्ञानार्थं तद्विषयकाणि सूत्राण्येवात्र उद्ध्रियन्ते—

"औत्पत्तिकस्तु शब्दस्यार्थेन सम्बन्धस्तस्य ज्ञानमुपदेशोऽव्यतिरेकश्चार्थेऽनुपलब्धे तत्प्रमाणं बादरायणस्यानपेक्षत्वात् ॥ १।१।५ ॥

कर्मैके तत्र दर्शनात् ॥६॥ अस्थानात् ॥७॥ करोतिशब्दात् ॥८॥ सत्त्वान्तरे च यौगपद्यात् ॥९॥ प्रकृतिविकृत्योश्च ॥१०॥ वृद्धिश्च कर्तृभूम्नास्य ॥११॥ समं तु तत्र दर्शनम् ॥१२॥ सतः परमदर्शनं विषयानागमात् ॥१३॥ प्रयोगस्य परम ॥१४॥ आदित्यवद्यौगपद्यम् ॥१५॥ वर्णान्तरमविकारः ॥१६॥ नादवृद्धिपरा ॥१७॥ नित्यस्तु स्याद्दर्शनस्य परार्थत्वात् ॥१८॥ सर्वत्र यौगपद्यात् ॥१९॥ संख्याभावात् ॥२०॥ अनपेक्षत्वात् ॥२१॥ प्रख्याभावाच्च योगस्य ॥२२॥ लिङ्गदर्शनाच्च ॥२३॥ उत्पत्तौ वाऽवचनास्स्युरर्थस्यातन्निमित्तत्वात् ॥२४॥ तद्भूतानां क्रियार्थेन समाम्नायोऽर्थस्य तन्निमित्तत्वात् ॥२५॥ लोके सन्नियमात् प्रयोगसन्निकर्षः स्यात् ॥२६॥ वेदांश्चैके सन्निकर्षं पुरुषाख्याः ॥२७॥ अनित्यदर्शनाच्च ॥२८॥ उक्तं तु शब्दपूर्वत्वम् ॥२९॥ आख्याः प्रवचनात् ॥३०॥

परन्तु श्रुतिसामान्यमात्रम् ॥११॥ कृते वा विनियोगस्स्यात्कर्मणस्सम्बन्धात् ॥३१॥ इति दिङ्निदेश एवात्र कृतः। विशेषतोऽवबोधार्थं सम्प्रति मीमांसादर्शनभाष्यस्य उद्धृत-सूत्रविषयकाः अंशाः द्रष्टव्या इति।

प्रश्नाः

१—ध्वनिः कथम् उत्पद्यते? साधारणतया स कुतश्चिन्माध्यमात् संसृत्य चलति। प्रयोगेण साधनीयम्।

२—ध्वनिः वायौ कथं चलति? प्रयोगद्वारा व्याख्येयम्।

३—तरङ्गाः कतिप्रकारकाः भवन्ति? उदाहरणद्वारा प्रत्येकप्रकारकस्य तरङ्गस्य चलनरीतिर्व्याख्येया।

४—परिभाषा कर्त्तव्या आवृत्तिः, आयामः तरङ्गदैर्ध्यञ्च।

५—यदि चेद् शब्दस्य वेगः प्रति सै० ३३००० सेण्टीमीटरीयः स्यात् तरङ्गदैर्ध्यञ्च १३२ सेण्टीमीटरीयं स्यात् तर्हि ध्वनेर्कम्पनसंख्या उपलभ्या।

(उ० २५० कम्पनानि प्रतिसैकेण्डम्)।

६—यदि ध्वनेर्वेगः प्रति सै० ३३० मीटरीयः कल्पनसंख्या च ६६० इति स्यात् तर्हि तरङ्गदैर्घ्यं ज्ञातव्यम्।

(उ० ५० से मी०)

७—यदि चेत् कस्यचिद् ध्वनेः कम्पनसंख्या ३७५ तरङ्गदूरत्वञ्च ८८ से० मी० इति स्यात् तर्हि मीटरेषु ध्वनिवेगो ज्ञातव्यः।

(उ० ३३० मीटराणि प्रति सै०)

८—शब्दविषयकः प्राचीनभारतीयाचार्याणां सिद्धान्तो वर्णनीयः।

९—प्राचीनभारतीयाचार्याः शब्दोत्पत्तिं कथं निरूपयन्ति?

१०—शब्दविषयकस्य आधुनिकं वैज्ञानिकं मतं भारतीयाचार्याणां मते गतार्थं भवति न वा?

———

अध्याय २६

ध्वनेर्वेगः

१—उन्मुक्तवायौ ध्वनेर्वेगः —

वैज्ञानिकैरनेकैर् उन्मुक्तवायौ ध्वनेर्वेगं ज्ञातुं प्रयोगः कृतः। तेषामियमेव साधारण-रीतिर्यत् कस्मिंश्चित् स्थाने रात्रिसमये शान्तवातावरणे भुशुण्डीं प्रचाल्य ध्वनिः प्रकाशश्चोभौ उत्पाद्येते एक मीलदूरे सार्धैकमीलदूरे वा प्रकाशं दृष्ट्वा विरामघटिका चाल्यते। भूयश्च यावदेव ध्वनिः तत्स्थानं प्राप्नोति घटिका अवरुद्धयते। इत्थं स्थानद्वयमध्ये ध्वनिगमनस्य कालः ज्ञायते यतः प्रकाशस्य एतावद्दूरगमने यावत्कालोऽतिक्रम्यते स उपेक्षणीयो भवति। यदि चेद् स्थानयोरुभयोर्मध्यान्तरालं याथार्थ्येण माप्यते तर्हि ध्वनेर्वेगः ज्ञातुं शक्यते। रीतिरियं अतिसाधारणा परन्तु तत्रानेकत्रुटयः सन्ति।

२—गतिशीलस्य वायोः प्रभावः

ध्वनेर्वेगे गतिशीलस्य वायोः प्रचुरः प्रभावो भवति। यदि चेद् वायुः ध्वनिदिशि चलेत् तर्हि ध्वनिवेगे वायुवेगो युज्यते। यदि च विपरीतायां दिशि चलेत् तर्हि ध्वनेर्वेगाद् वायुवेगः ऊनीक्रियते। संस्थानकाभ्यामुभाभ्यां परिवर्तनपूर्वकेन प्रेक्षणेन प्रभावस्यास्य निराकरणं क्रियते। प्रथमं स्थानस्यैकस्य प्रेक्षको भुशुण्ड्या ध्वनिम् उत्पादयति द्वितीयस्थानस्य च प्रेक्षकः समयं लिखति भूयश्च द्वितीयस्थानस्य प्रेक्षकः ध्वनिमुत्पादयति प्रथमःस्थानस्य च प्रेक्षकः समयं पश्यति। कालद्वयस्य मध्यमानग्रहणेन वायुवेगस्य निराकरणं क्रियते। समयेनानेन उभयस्थानयोः अन्तरालं विभज्य ध्वनेर्वेगस्य गणना क्रियते। इत्थं स्थानाभ्यामुभाभ्यां प्रेक्षणग्रहणस्यरीतिः व्युत्क्रमप्रेक्षणम् (reciprocal observation) इत्यभिधीयते।

यदि चेद् सरलरेखायां समान्तराले स्थानत्रयं निश्चित्य मध्यवर्त्तिनि स्थाने भुशुण्ड्या ध्वनिर् उत्पाद्यते अवशिष्टयोश्च स्थानयोरुभयो ध्वनिप्राप्त्याः समयोऽधिलिख्यते तर्हि उभयोर्मध्यमानस्य ग्रहणाद् अपि वायुवेगस्य निराकरणं भवति।

३—व्यक्तिगतं समीकरणम् (Personal Equation)

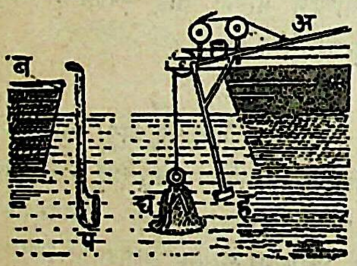
उपर्युक्तेषु सर्वेषु प्रेक्षणेषु प्रेक्षकद्वारा कार्यत्रयं क्रियते। प्रकाशो दृश्यते, ध्वनिः श्रूयते अंगुल्या च विरामघटिका चाल्यते अवरुध्यते च। प्रथमयोः कार्ययोर्द्वयोः मस्तिष्केन सङ्केतग्रहणे तदाकलने च कालव्ययो भवति तृतीये च मस्तिष्केन स्वकीयाज्ञा प्रेक्षकस्य अंगुलिपर्यन्तं प्राप्यते। अतएव केनचिन् मनुष्येण यन्त्रेण वा घटनाग्रहणे तदङ्कने च किञ्चिद् समयान्तरं भवति। अन्तरञ्चेदं व्यक्तिगतसमीकरणमित्यभिधीयते। सङ्केतग्रहणार्थं मनुष्यस्थाने उचितयन्त्राणां प्रयोगेण व्यक्तिगतं समीकरणपर्याप्तमल्पं भवितुं शक्नोति।

किन्तु, तथापि तस्य साकल्येन निराकरणम् असम्भवमस्ति यतः प्रत्येकस्मिन् यन्त्रे यत्किञ्चित् स्वकीयं व्यक्तिगतसमीकरणं भवति किन्तु समीकरणमिदं प्रायेण स्थिरं भवति । अतएव तस्य ज्ञानं कृत्वा संशोधनं कर्त्तुं शक्यते ।

0° श (C) इत्यंशके तापे ध्वनेर्वेगः ३३२ मीटरं प्रतिसेकेण्डम् उपलभ्यते एकांशंयावत्तापवृद्ध्या च वायौ ध्वनेर्वेगो ६० से० मी० अथवा २ फीटं प्रतिसेकेण्डं वर्द्धते । परन्तु सम्पीडनपरिवर्तनात् ध्वनेर्वेगे कश्चित् प्रभावो न भवति ।

साधारणतापे जलीयवाष्पस्य घनत्वं शुष्कसमीरस्य घनत्वात् प्रायेण ३:५ इति निष्पत्यां ऊनं भवति । अतएव वायौ वाष्पसत्त्वात् तस्य घनत्वं न्यूनं भवति ध्वनेर्वेगश्च वर्द्धते । अतएव कस्मिंश्चिद् तापे आर्द्रवायौ ध्वनेर्वेगः शुष्कसमीरापेक्षया अधिको भवति । १०°श (C) इत्यंशकेन आर्द्रत्वेन संतृप्ते वायौ ध्वनेर्वेगः शुष्कसमीरापेक्षया २, ३ फीटानि प्रति से० अधिको भवति ।

४—जले ध्वनेर्वेगः



चित्रम् २९-१

१८२३ खीष्टाब्दे सर्वप्रथमं कोलेडन-महोदयेन (Colladon) स्टर्नमहोदयेन (Sturn) च जिनेवादेशीये प्रपाते ध्वनेर्वेगः प्रत्यक्षीकृतः । प्रयोगार्थं प्रपाताभ्यन्तरे प्रायेण एकमीलान्तराले नौकाद्वयम् अवस्थापितम् । एकस्यां नौकायां जलतलाभ्यन्तरे "घ" इत्येकः घण्टः "ह" इत्येकेन हस्तकेन वादितः तत्कालमेव च वायौ अग्निचूर्णदाहेन आलोकभासनम् उत्पादितम् । नौकायामन्यस्यां एको हाइड्रोफोननामकः (Hydrophone) यन्त्रः सन्निष्ट आसीत् यस्य गभीरत्वं घण्टस्य गाम्भीर्यतुल्यम् कृतम् हाइड्रोफोनस्य तिरस्करिणी च घण्टाभिमुखीना कृता आसीत् । हाइड्रोफोनस्य सम्बन्ध एकेन हेडफोनेन कृत आसीत् यं कर्णेन संयुज्य शब्दश्रवणम् अक्रियत ।

इत्थं प्रयोगैः जले ध्वनेर्वेगः ८·१°श (C) इत्यंशे १४३५ मीटरः प्रतिसैकेण्डम् उपलब्धः यत् वायौ ध्वनेर्वेगापेक्षया प्रायशः चतुर्गुणितोऽस्ति ॥

प्रश्नाः

१—मुक्तवायौ ध्वनिवेगः कथम् उपलभ्यते ? वेगस्योपलब्ध्याः काचित् शुद्धा रीतिर्वर्णनीया ।
२—वायौ ध्वनिवेगे तापस्य, आर्द्रतायाः सम्पीडनस्य च परिवर्तनस्य कः प्रभावो भवति ?
३—०°श (C) इत्यंशे ७४ से० मी० सम्पीडने च शुष्कवायौ ध्वनेर्वेगः ३३० मीटरीयः प्रति सै० इति स्यात् तर्हि ५०°श (C) इत्यंशे ७७·५ से० मी० सम्पीडने च ध्वनेर्वेगः किं भविष्यति ? (उ० ३६० मीटरीयः प्रतिसै०)
४—जले ध्वनेर्वेगः कथम् उपलब्धः ? चित्राङ्कनं कृत्वा सम्यक्तया वर्णनीयम् ।

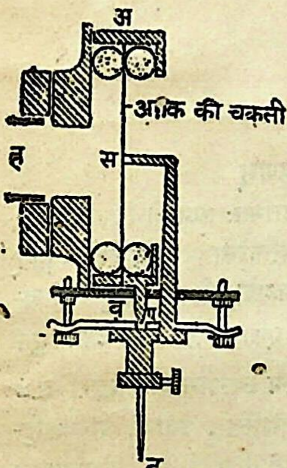
—०—

अध्यायः ३०

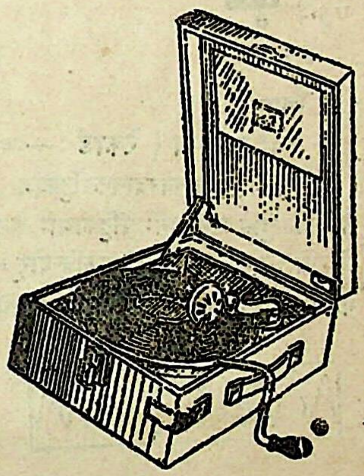
१—ग्रामोफोनः (Gramophone)

ग्रामोफोनस्य चित्रमत्र प्रदर्शितम् । अस्य त्रयो मुख्यभागाः सन्तिः—

(१) ध्वनिपिटकम्, (२) ध्वनिपट्टिका ! (Record) (३) सूचिका च



चित्रम् ६०.१



चित्रम् ३०.२

(१) ध्वनिपिटकम्—अयन्तु यन्त्रस्य सर्वाधिक आवश्यकः भागोऽस्ति अस्मिन् अभ्रकस्य एकवृत्ताकारा तिरस्करिणी भवति या रबरस्य द्वाभ्यां संहतकुण्डलकाभ्यां स्वकीयपरिधौ सन्निविष्टा भवति । अस्याः केन्द्रेण लीवरस्यैकस्य 'स' इत्यूर्ध्वं शीर्षं संयुक्तं भवति । लीवरस्य च अधः शीर्षे 'द' इति सुचिका संयुक्ता भवति । सूचिकायाः किञ्चिदूर्ध्वे "प" इत्येका कूलिका संयुक्ता भवति यस्याः पार्श्वयोरुभयोः तन्त्रिकाद्वयं वर्तते येन लीवरस्य गतिर्नियम्यते ।

साम्प्रतिकेषु "हिजमास्टर्सह्वायसनामकेषु (H. M. V.) यन्त्रेषु ध्वनिपिटकस्य तिरस्करिणी अलमुनियमस्य केनचिन्मिश्रितेन धातुना निर्मिता भवति । तिरस्करिणीयं समतला न भवति अपितु तस्यां टीनपट्टिकावत् उच्छूनत्वस्य प्रणालिकायाश्च मध्ये 'स' इत्येकः तन्तुवायः (Spider) संयुक्तो भवति येन लीवरस्य भुजा संयुक्ता भवति । लीवरोऽयं 'र' इति बिन्दौ पुरःपश्चात् भ्रमितुं समर्थो भवति तस्याधश्शीर्षे

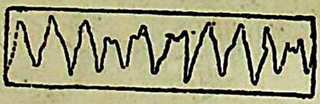


चित्रम् ३०.३

च "द" इति सूचिका संयुक्ता भवति या रेकार्डोपरि भ्रमति। ईदृश्याः तिरस्करिण्याः प्रयोगेण तस्य पुरपश्चाद्गामिनी गतिः पिस्टनवद् प्रवर्तते। तटप्रदेशे तिरस्करिण्याः सन्निवेशनेन तस्याः केन्द्रे सर्वाधिकं स्थानान्तरं भवति तटप्रदेशे च न्यूनतमं स्थानांतरं भवति। अतएव यहि तिरस्करिणी पुरःपश्चात् चलति तर्हि वायोः कतिपयकणाः परिसृत्य तटप्रदेशान् प्रति चलन्ति येन वायौ क्रमेण सम्पीडनं विरलनञ्च न प्रादुर्भवतः।

२— ध्वनिपट्टिका (रेकार्ड :—record) ध्वनिसङ्ग्रहणम्

एकस्यां वृत्ताकारद्रावकपट्टिकायां क्रियते या स्वकेन्द्रस्याभितः भ्रमन्ती तिष्ठति अनुलेखकविन्दुश्च शनैश्शनैः पट्टिकायाः केन्द्रं प्रति सरति यतः पंक्तिरेका अन्यपङ्क्त्याः पृथग् तिष्ठति। इदानीम् अनुलेखकबिन्दोर् गतिः ऊर्ध्वाधरीया न क्रियते अपितु सा पुरःपश्चाद्गामिनी क्रियते यतः पट्टिकायाः परिधेः तस्याः केन्द्रं यावत् एकावक्ररेखारूपेण ध्वनेरङ्कनं



चित्रम् ३०.४

भवति। रेकार्डस्यास्य स्वल्पोभागः वर्द्धित्वा ३.४ इति चित्रे प्रदर्शितोऽस्ति। इदानीं द्रावकपट्टिकोपरि स्वल्पं ग्रेफाइटं विकीर्य सा तुत्थविलयने ऋणाग्रोपरि प्रलम्ब्यते धनाग्रे च ताम्रफलकं प्रलम्ब्यते विद्युद्विश्लेषणस्य रीत्या द्रावकपट्टिकोपरि ताम्रोपलेपो भवति तस्मिश्च द्रावकफलकस्य सर्वाणि चिह्नानि यथावद् अङ्क्यन्ते। ताम्रस्यास्य खचितस्य पृष्टभागे शुद्धायः फलकं संयोज्य तद् दृढीक्रियते। इत्थं मास्टररैकार्डः (Master record) निर्मीयते इदानीं लाक्षां, जीर्णवस्त्राणि, बेरियमसल्फेटं कर्गादादीन् च अतिसूक्ष्मं सम्पिष्य तच्चूर्णं तप्तघूर्णकानां मध्यतः संसार्यते येन कृष्णा श्लक्ष्णा च पट्टिका निर्मीयते। या शुष्का भूत्वा अतिकठिना भवति। ततः मास्टररैकार्ड उत्ताप्य फलके च संश्लेष्य हायड्रोलिकप्रेसे सम्पीड्यते येन ग्रामोफोनस्य रेकार्डाः निर्मीयन्ते। ध्वनेः पुनरुत्पादनार्थं ग्रामोफोनस्य ध्वनिपिटकस्य सूचिका रेकार्डोपरि चाल्यते तर्हि सूचिकायाः सञ्चलनात् ध्वनिपिटकस्य तिरस्करिणी कम्पनं प्रारभते ततश्च ध्वनिरुत्पद्यते। अयमेव ग्रामोफोनस्य सिद्धान्त इति॥

प्रश्नः

१—चित्राङ्कनं कृत्वा ग्रामोफोनस्य विभिन्नभागाः वर्णनीयाः

———